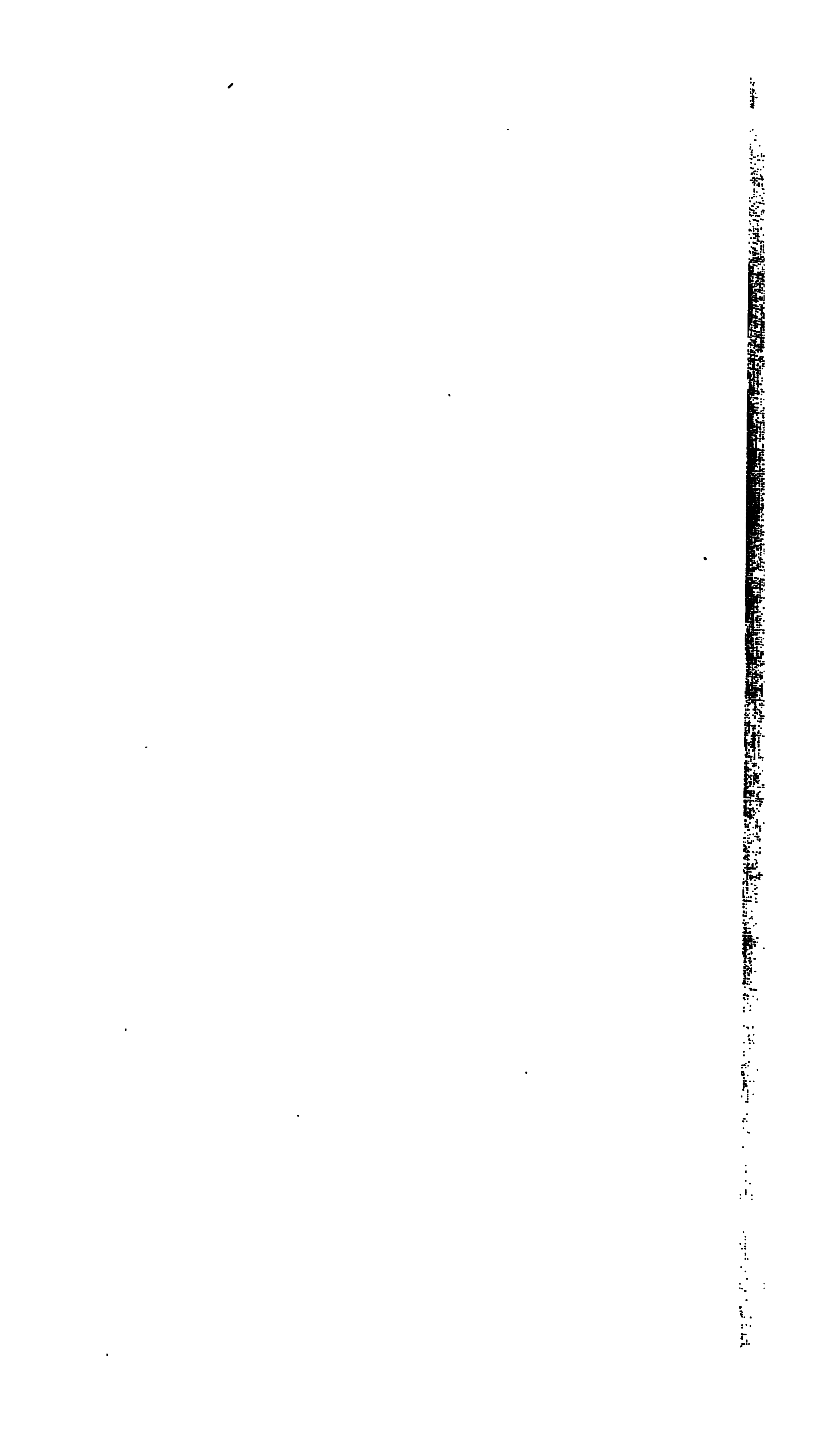


NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 07597805 0



Bau- und Wohnungshygiene.

Allgemeiner Teil.

Bearbeitet von

Dr. H. Albrecht in Gr.-Lichterfelde,
Dr. Mart. Kallmann, Stadt-Elektriker von Berlin,
Dr. F. Hüppe, o. Professor an der Deutschen Universität in Prag,
Chr. Nussbaum, Docenten an der technischen Hochschule in Hannover,
Dr. A. Oldendorff, Sanitätsrat in Berlin,
E. Rosenboom, Ingenieur in Kiel,
J. Stübben, K. Baurat und Beigeordneter der Stadt Köln,
L. Weber, o. ö. Professor an der Universität Kiel,
Dr. A. Wernich, Regierungs- und Medizinalrat in Berlin.

Mit 57 Abbildungen im Text.

Erste Lieferung:

Inhalt: **Oldendorff,** Einfluß der Wohnung auf die Gesundheit.
Albrecht, Wohnungsstatistik und Wohnungsenquête.
Weber, Die Beleuchtung.
Rosenboom, Die Gasbeleuchtung.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1895.

Diese Abhandlungen bilden zugleich die **14. Lieferung** des

Handbuchs der Hygiene
herausgegeben von Dr. THEODOR WEYL in Berlin.

VIERTER BAND. ERSTE LIEFERUNG.

Preis für Abnehmer des ganzen Werkes: 3 M. 60 Pf.
Preis für den Einzelverkauf: . . . . . 4 M. 50 Pf.

HANDBUCH DER HYGIENE

in 10 Bänden.

Herausgegeben von **Dr. med. Theodor Weyl** in Berlin.

Das **„Handbuch der Hygiene“** stellt sich nicht in den Dienst einer b stimmten Schule, sondern will sich einen möglichst unparteiischen Standpun bewahren; es sind deshalb die Vertreter der verschiedensten Schulen zur M arbeit an demselben aufgefordert worden. Für die *Kapitel praktischen Inha* wurden vorzugsweise solche Mitarbeiter herangezogen, welche durch ihre beruf mäßige Beschäftigung besonders geeignet waren, das übernommene Thema bearbeiten. Es ist deswegen ein großer Teil der Herren Mitarbeiter aus de Reihen der Architekten und Ingenieure gewählt worden. Wo indessen bei einzelne Kapiteln neben der Bearbeitung durch die Techniker die Mitarbeit des hygienis ausgebildeten Mediziners erforderlich war, hat der Herr Herausgeber eine Ve teilung des Stoffes vorgenommen, und es wird ihm hoffentlich geglückt sein, d Zuständigkeit des Mediziners einerseits und die des Technikers andererseits zutreffender Weise zu begrenzen.

Die *Gewerbehygiene* soll entsprechend ihrer Wichtigkeit eine besonders ei gehende Bearbeitung finden; Abschnitte wie *Strassenhygiene, allgemeine Bauhygie* und *Wohnungshygiene* werden eine so ausführliche Darstellung finden, wie s bisher in deutscher Sprache wohl noch nicht versucht wurde.

Der *Bakteriologie* als solcher wurde eine besondere Abteilung nicht gewidme Sie erscheint aber als eine der zahlreichen Methoden, deren die Hygiene beda in allen denjenigen Kapiteln, in denen sie, wie in der Lehre vom Boden, vo Trinkwasser, in der Theorie der Infektionskrankheiten, zur Lösung der hygien schen Fragen ihre Hilfe leiht und häufig den Ausschlag giebt.

Das **„Handbuch der Hygiene“** soll in etwa 10 Bänden im Gesam Umfange von 200 bis höchstens 250 Druckbogen erscheine

Die Bände werden in der nachstehenden Einteilung herausgegeben werde

BAND I, Abteilung 1: **Bereits erschienen.**

- *Organisation der öffentlichen Gesundheitspflege in den Kulturstaaten (Pr Finkelnburg in Bonn).
- *Boden (Prof. von Fodor in Budapest).
- *Klima (Prof. Aßmann in Berlin).
- *Klimatologie und Tropenhygiene (Dr. Schellong in Königsberg i. P.)
- *Kleidung (Prof. Kratschmer in Wien).

Abteilung 2:

Trinkwasser und Trinkwasserversorgung:

- *a) Wasserversorgung, technische Kapitel (Oberingenieur Oesten in Berli
- b) Bakteriologie des Trinkwassers (Prof. Löffler in Greifswald).
- *c) Chemische Untersuchung des Trinkwassers (Direktor Dr. Sendtner München).
- d) Beurteilung des Trinkwassers (die unter b und c genannten Herren).

BAND II: Städtereinigung.

Abteilung 1:

- *Einleitung: Die Notwendigkeit der Städtereinigung und ihre Erfolge (Prof. Blasius in Braunschweig).
- *Abfuhrsysteme (Prof. Blasius).
- *Schwemmkanalisation (Prof. Büsing in Berlin-Friedenau).

} Bereits erschienen

- *Rieselfelder:
  - a) Anlage, Bewirtschaftung und wirtschaftliche Ergebnisse (Landwirt Geor H. Gerson in Berlin).
  - b) Vermeintliche Gefahren für die öffentliche Gesundheit (der Herausgeber

Fortsetzung auf der 3. Seite des Umschlags.

Bau- und Wohnungshygiene.

Allgemeiner Teil.

Bearbeitet von

Dr. H. Albrecht in Gr.-Lichterfelde.
Dr. Mart. Kallmann, Stadt-Elektriker von Berlin.
Dr. F. Hüppe, o. Professor an der Deutschen Universität in Prag.

Chr. Nussbaum, Docenten an der technischen Hochschule in Hannover.
Dr. A. Oldendorff, Sanitätsrat in Berlin.
E. Rosenboom, Ingenieur in Kiel.

J. Stübben, K. Baurat und Beigeordneter der Stadt Köln.
L. Weber, o. ö. Professor an der Universität Kiel.
Dr. A. Wernich, Regierungs- und Medizinalrat in Berlin.

Mit 37 Abbildungen im Text.

Erste Lieferung:

Inhalt: **Oldendorff,** Einfluß der Wohnung auf die Gesundheit.
Albrecht, Wohnungsstatistik und Wohnungsenquête.
Weber, Die Beleuchtung.
Rosenboom, Die Gasbeleuchtung.

HANDBUCH DER HYGIENE.

HERAUSGEGEBEN VON

DR. THEODOR WEYL.

VIERTER BAND. ERSTE LIEFERUNG.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1895.

EINFLUSS DER WOHNUNG AUF DIE GESUNDHEIT.

VON

DR. A. OLDENDORFF,

SANITÄTSRAT IN BERLIN.

MIT 2 KURVEN.

Einflufs der Wohnung auf die Gesundheit.

Von

A. Oldendorff
in Berlin.

Die Untersuchung über den Einfluß der Wohnung auf die Gesundheit des Menschen hat einerseits alle jene Momente, welche, wie mangelhafte Beschaffenheit des Baugrundes und des Baumaterials, ferner Feuchtigkeit, Mangel an Luft und Licht, Ueberfüllung usw., der Gesundheit schaden können, vom experimentellen, physiologischen, pathologischen Standpunkte aus zu prüfen, andererseits die thatsächlichen Schädigungen durch Massenbeobachtung festzustellen. Die ersteren Gesichtspunkte werden in späteren Abschnitten berührt werden; hier erübrigt nur, die statistische Seite der Frage ins Auge zu fassen.

Es kommen im wesentlichen hierbei in Betracht der Einfluß von Stadt und Land und der Bevölkerungsdichtigkeit. Bei dem Mangel einer Morbiditätsstatistik werden wir aber auch hier uns notgedrungen in der Hauptsache auf die Mortalität zu stützen haben.

Nach den Ergebnissen der Bevölkerungsstatistik zeigt die ländliche Bevölkerung eine nicht unerheblich geringere Sterblichkeit als die städtische.

So starben p. M. der Bevölkerung im Jahresdurchschnitt in:

	auf dem Lande	in den Städten
Preufsen [1] (1849—1880; inkl. Totgeb.)	28,0	30,4
England [2] (1851—1880; exkl. Totgeb.)	19.5	24.2
Italien [3] (1862—1880; exkl. Totgeb.)	28.7	32.7

Der Unterschied in der Sterblichkeit zu Gunsten der ländlichen Bevölkerung beträgt somit in Preußen 2,4 ‰ der Bevölkerung, in England 4,7 und in Italien 4,0, und dieser Unterschied gewinnt noch an Bedeutung, wenn man erwägt, daß, infolge steten Zuströmens der lebenskräftigsten Personen, in der städtischen und namentlich der großstädtischen Bevölkerung, wie ein Blick auf folgende Tabelle (1) zeigt, ein wesentlich geringerer Bestand im Kindes- und Greisenalter, ein wesentlich höherer hingegen im mittleren Alter, namentlich im Alter von 20 bis 40 Jahren vorhanden ist als auf dem Lande.

Tabelle 1.

Von 1000 Personen standen am 1. Dez. 1875 im Alter von [4]

Alter	im Deutschen Reich	in Berlin	in Dresden	in Köln	in München
0—10 J.	246	196	171	197	154
10—20 „	197	167	190	188	151
20—30 „	159	261	259	240	241
30—40 „	134	173	147	147	167
40—50 „	103	97	100	93	122
50—60 „	84	62	73	75	87
60—70 „	51	29	39	41	53
70—80 „	21	12	16	16	21
80 und mehr	3,7	1,9	2,9	3,1	3,6
Alter unermittelt	1,1	0,9	2,3	0,3	0,3

Derselbe ist indessen, wie eine eingehendere Analyse ergiebt, weniger durch den Aufenthalt als solchen verursacht, als vielmehr durch eine Reihe wirtschaftlicher und socialer Einflüsse. In erster Reihe kommt hierbei die Verschiedenheit der Beschäftigung in Betracht. Auf dem Lande überwiegen die der Gesundheit zuträglichen, wie Ackerbau, Viehzucht u. s. w., in den Städten hingegen die aufreibenden Berufszweige, also Industrie, Fabrikbetrieb u. dgl. Dieser Faktor spielt zweifellos eine ganz erhebliche Rolle. Man vergleiche nur die kolossalen Unterschiede, welche in England Industriestädte, wie Manchester, Liverpool, den ackerbautreibenden Distrikten, den Healthy Districts gegenüber aufweisen [5]. So starben im Durchschnitt der Jahre 1849—1853 von je 10000 Lebenden:

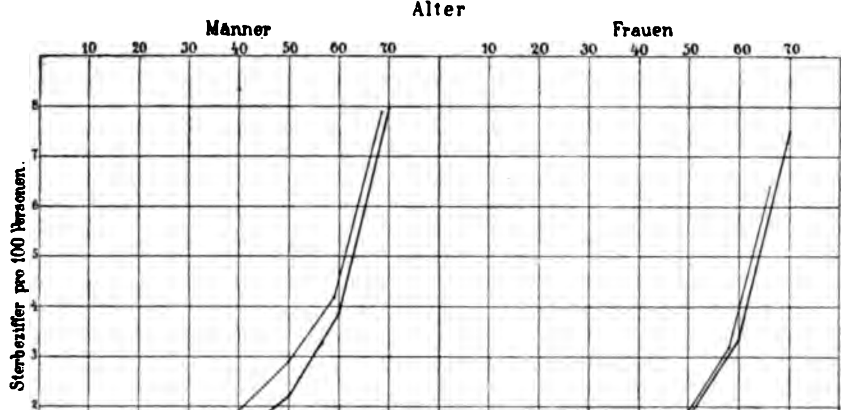
	Männer	Frauen
in 51 Healthy Districts	17,5	16,2
„ Manchester	35,4	30,5
„ Liverpool	40,9	36,3

Deshalb tritt, wie ein Blick auf das beigefügte Diagramm (I), betreffend die Sterblichkeit in Preußen [6] und Berlin [7] lehrt, der in Rede stehende Unterschied namentlich in dem erwerbsfähigen Alter und in erheblicherem Maße beim männlichen als beim weiblichen Geschlecht hervor, und zeigen auch, wie Finkelnburg [8] nachgewiesen, ländliche Bezirke mit vorherrschender Industrie eine hohe Sterblichkeit, ja nicht selten eine höhere als die Städte, so beispielsweise die Landgemeinden der Kreise Enskirchen, Schleiden und Ahrweiler, auch die Kreise Mülheim a. d. Ruhr und die durch ausgebreitete Hausindustrie ausgezeichneten Kreise Solingen, Mettmann und Kempen.

(Siehe I. Vergleichende Uebersicht S. 3.)

Hierfür sprechen endlich auch die eigenartigen Verhältnisse, welche man bezüglich der Sterblichkeit an Lungenschwindsucht zu beobachten Gelegenheit hat. Diese Krankheit überwiegt, wie aus der unten aufgestellten Uebersicht der Todesursachen hervorgeht, sehr erheblich in der städtischen Bevölkerung; der Unterschied ist aber bei den Frauen ein erheblich geringerer als bei den Männern, ja in der Rheinprovinz zeigt sich, nach Finkelnburg [8], bei ihnen sogar auf dem Lande eine größere Sterblichkeit an dieser Krankheit als in den Städten. Im Durchschnitt der Jahre 1875—1879 starben daselbst

I. Vergleichende Übersicht d. Sterblichkeit i. Koenigreich Preussen (—) u. i. Berlin (—)

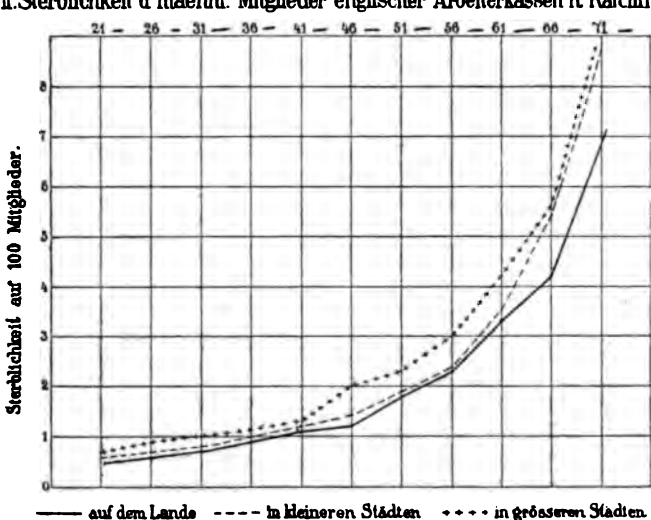


an Tuberkulose bei den Männern in den Städten 58 Prom., auf dem Lande 49, bei den Frauen hingegen 42 gegen 45. Die Mehrsterblichkeit an Tuberkulose bei der städtischen Bevölkerung kann deshalb nicht an erster Stelle durch die mit dem bloßen Aufenthalt in der Stadt verknüpften Einflüsse verursacht sein, da diese auf beide Geschlechter gleichmäßig einwirken; alle Umstände weisen vielmehr darauf hin, daß die in den Städten vorherrschenden Beschäftigungsarten es sind, welche jene Verschiedenheiten bewirken. Die Lungenschwindsucht fordert aber um so zahlreichere Opfer, je allgemeiner die Beschäftigung in geschlossenen Räumen, besonders mit staubbildenden Stoffen, bei dem einen oder anderen Geschlechte vorherrscht, und wo solche Beschäftigung, wie in der Rheinprovinz, auch bei der Landbevölkerung vorwiegt, da findet sich auch bei dieser die Tuberkulose stark vertreten, wenn auch freilich nirgend in so hohem Maße wie in den Städten.

Bei den anderen Lungenkrankheiten, die gleichfalls in den Städten überwiegen, weisen hingegen beide Geschlechter solche Unterschiede nicht auf. Die Mehrsterblichkeit scheint hier weniger mit der Beschäftigung als mit anderen Einflüssen zusammenzuhängen. In der Rheinprovinz sind es namentlich die Städte mit massenhafter Steinkohlenfeuerung (Essen, Bochum, Duisburg, Dortmund), in denen diese Krankheiten zu ungewöhnlicher Höhe ansteigen, und Finkelnburg erinnert in dieser Hinsicht an die Untersuchungen von August Smith, welcher die Luft in den großen Industriestädten Englands mit einem starken Gehalte an freier Salz- und Schwefelsäure als Produkte der massenhaften Steinkohlenfeuerung imprägniert fand.

So sehr aber auch die Art der Beschäftigung die Unterschiede in der Sterblichkeit der städtischen und ländlichen Bevölkerung beeinflußt, so bildet dieselbe doch keineswegs die alleinige Ursache derselben. Dies ergiebt sich schon, wenn man eine bestimmte Bevölkerungsklasse der Vergleichung unterzieht. In dieser Beziehung ist an die Arbeiten englischer Autoren, Neison's[9], Henry Ratcliff's[10], Finlaison's[11]

über die Krankheits- und Sterblichkeitsverhältnisse in den englischen Arbeiterkassen, den sog. Friendly Societies zu erinnern. Das beistehende Diagramm (II), dem Ratcliff's Untersuchungen aus den Jahren 1866—70 zu Grunde liegen, zeigt sofort, daß auch die unter annähernd gleichen socialen Verhältnissen lebenden Personen auf dem Lande günstiger gestellt sind als in den kleinen Städten (zwischen 5000 und 30000 Einw.), und diese wieder günstiger als in den Großstädten.



Welche Ursachen nun bei der höheren Sterblichkeit der städtischen Bevölkerung neben der Beschäftigung eine Rolle spielen, läßt sich einigermaßen bei Vergleichung der verschiedenen Todesursachen erkennen [12].

(Siehe Tabelle 2 und 3 S. 5.)

Schon die beigefügten Tabellen (2 und 3), welche die wesentlichsten Todesursachen in Preußen und Bayern wiedergeben, lassen erkennen, daß neben den Krankheiten der Respirationsorgane, die bereits oben Erwähnung gefunden, vor allem die Krankheiten des Säuglingsalters und gewisse Infektionskrankheiten es sind, die in der städtischen Bevölkerung überwiegen*). Das Ueberwiegen gerade dieser Krankheiten weist aber darauf hin, daß die zweite Ursache der Mehrsterblichkeit in den Städten zu suchen ist in dem daselbst gedrängten Zusammenleben der niederen socialen Schichten der Bevölkerung in unzureichenden, mangelhaften Wohnungen und der damit gegebenen bald größeren, bald geringeren Verunreinigung von Luft, Boden und Wasser.

Nach v. Fircks [13] starben in Preußen in sämtlichen Städten des Königreichs von 100 überhaupt Geborenen (inkl. Totgeborenen) vor

---

*) Mit diesen Ergebnissen stimmen übrigens im ganzen und großen auch die englischen Erfahrungen überein.

Tabelle 2.
Todesursachen im Königreich Preußen im Jahre 1877, nach Stadt und Land geschieden.

Todesursachen	Von je 10 000 Lebenden starben Männer		Frauen	
	in den Landgemeinden	in den Städten	in den Landgemeinden	in den Städten
1. Angeborene Lebensschwäche	13.58	12.79	10,39	10.24
2. Atrophie der Kinder (Abzehrung)	8.01	10.46	7.58	9.79
3. Im Kindbett gestorben	—	—	5,08	4.16
4. Altersschwäche (über 60 Jahre)	26,06	15.77	29.68	22.38
5. Pocken	0.04	0,04	0,04	0,02
6. Scharlach	8,21	8,28	7.28	7.37
7. Masern und Röteln	5,45	3.43	4,97	3,38
8. Diphtherie und Krup	19,21	14.00	16,64	13.20
9. Keuchhusten	7,09	4,46	7,30	5.48
10. Typhus	6,04	6,35	5,49	5,90
10a. Flecktyphus	0,08	0.17	0.06	0,10
11. Ruhr (Dysenterie)	1,23	1,00	1,07	0,93
12. Einheimischer Brechdurchfall	1,61	8.30	1.33	7.63
13. Diarrhöe der Kinder	1.54	7,10	1,18	5.75
14. Akuter Gelenkrheumatismus	0,51	0,60	0.51	0,53
15. Skrofeln und englische Krankheit	0.82	1,28	0,77	1.19
16. Tuberkulose	31,96	42,76	26,63	32,00
17. Krebs	1,79	3.18	2,02	5,13
18. Wassersucht	6.68	6,55	9,45	8.62
19. Apoplexie (Schlagfluſs)	11.08	15.33	7.80	11,54
20. Luftröhrenentzündung und Lungenkatarrh	1,21	6,03	1,00	5,52
21. Lungen- und Brustfellentzündung	11,07	14.70	7,87	11,27
22. Andere Lungenkrankheiten	3,18	4.01	2 26	2,72
23. Herzkrankheiten	0.93	3.03	0,95	3.38
24. Gehirnkrankheiten	3,20	10.05	2.30	7.61
25. Nierenkrankheiten	0.92	2,88	0.35	1,68
26. Krämpfe	47,29	48.01	37,52	38.87
27. Selbstmord	2.42	4.04	0.45	0,74
28. Mord und Totschlag	0.32	0.33	0,08	0.12
29. Unglücksfälle	6,98	6,78	1,80	1.70
30. Andere, nicht ang. und unbek. Todesurs.	36.36	29.31	32.62	26 88
Ueberhaupt	264,87	290,77	232,37	255.83

Tabelle 3.
Todesursachen in Bayern nach Stadt und Land 1871—1875.

Todesursachen	Von je 10 000 Lebenden starben auf dem Lande	in den Städten
1. Lebensschwäche	18,9	19.1
2. Durchfall der Kinder	15 6	28,3
3. Abzehrung der Kinder	25.8	33,9
4. Fraisen der Kinder	52.0	27.4
Summa 2—4	93,4	89,6
5. Typhus	5,4	9,2
6. Kindbettfieber	1,4	1,6
7. Blattern	3.8	4.2
8. Scharlach	6,8	4.3
9. Masern und Röteln	2.0	1,8
10. Keuchhusten	7,2	3.5
11. Krup und Diphtheritis	10.3	7,5
12. Brustentzündungen	20,7	26.9
13. Tuberkulose	21.2	45.3
14. Organ. Herzleiden	4.0	9,0
15. Gehirnschlagfluſs	9,2	12,3
16. Altersschwäche	26,0	20.9

Vollendung des ersten Lebensjahres 25,2 eheliche und 44,9 uneheliche Kinder, auf dem Lande hingegen 21,9 resp. 36,2. Die Ziffer ist am höchsten in den Großstädten, demnächst in Mittel- und Kleinstädten und am niedrigsten auf dem platten Lande; aber es finden auch hier infolge der großen Abhängigkeit der Säuglingssterblichkeit von socialen Verhältnissen [14], in ähnlicher Weise wie bezüglich der Beschäftigung und der Tuberkulose, viele Ausnahmen statt.

Vor allem kommt aber hierbei in Betracht, daß die Mehrsterblichkeit der Säuglinge in den Städten vorzugsweise verursacht wird durch die Krankheiten der Verdauungsorgane, die so gefüchteten Diarrhöen und Brechdurchfälle, die sich bekanntlich in den Großstädten im Sommer zu einer erschrecklichen Höhe steigern und zwar um so mehr, je größer die Städte und je dichter sie bewohnt sind. In Berlin treffen z. B. auf das Sommerquartal nahezu zwei Drittel des jährlichen Sterblichkeitskontingentes der Säuglinge, sodaß daselbst das Maximum der jährlichen Gesamtsterblichkeit nicht wie in Deutschland und der gemäßigten Zone Europas überhaupt auf den Winter, sondern auf den Sommer entfällt, und ähnliche Verhältnisse zeigen viele andere Großstädte [15]. Sind die ätiologischen Momente dieser Verdauungsstörungen auch noch nicht hinreichend aufgeklärt, so deuten doch alle Umstände darauf hin, daß hierbei neben diätetischen Schädlichkeiten, namentlich Ueberhitzung des kindlichen Organismus, wie sie leicht in den engen, überfüllten, schlecht gelüfteten Wohnungen der ärmeren Bevölkerungsklassen sich vollzieht, und Einflüsse infektiöser Art eine gewichtige Rolle spielen (Finkelnburg l. c.).

Von dem sehr mitbestimmenden Einfluß hoher Wohnungsdichtigkeit bei übrigens günstigen socialen Verhältnissen zeugt u. a. nach Finkelnburg die hohe Kindersterblichkeit in Köln (24‰ der Lebendgeborenen), Koblenz (22), Düsseldorf (21, hauptsächlich dank den älteren Stadtteilen) und Duisburg (19), denen die Städte Remscheid (16), Solingen (15), Geldern (13), St. Wendel (13) mit sehr günstigen Ziffern gegenüberstehen.

Für Würzburg hat Geigel [16] nachgewiesen, daß, während der II. und III. Distrikt mit größeren Straßen und besserer Wohlhabenheit im Durchschnitt der Jahre 1864—70 eine Säuglingssterblichkeit von 5,3 bez. 5,7 Proz. der Civilbevölkerung aufwiesen, der V. Distrikt mit engen Gäßchen, schmutzigen und übervölkerten Häusern dagegen eine Säuglingssterblichkeit hatte von 11,4 Proz.

Von welch hohem Einfluß der in Rede stehende Faktor ist, zeigen u. a. die sehr günstigen Verhältnisse in den aus den Mitteln der reichen Peabody-Stiftung erbauten, den hygienischen Forderungen Rechnung tragenden Arbeiterwohnungen London's.

So betrug nach Newsholme [17] die Säuglingssterblichkeit im Durchschnitt der Jahre 1882—1890 in den Peabody Buildings nur 139,2‰ der Geborenen, in ganz London hingegen 151,9. Aber auch bezüglich der Sterblichkeit überhaupt zeigten die Peabody Buildings günstigere Verhältnisse. So stellte sich im Durchschnitt der Jahre 1881—1885 die allgemeine Sterbeziffer in ihnen auf 19,34‰ der Bewohner, in London hingegen auf 21,93 und in den Jahren 1888 und 1889 starben von je 1000 Lebenden im Alter von

	in den Peabody Buildings	in London
0— 5	59.1	55,8
5—15	3.3	3,8

	in den Peabody Buildings	in London
15—25	3,6	3,6
25—35	6.3	6,5
35—45	8,9	11,5
45—55	15.4	18,9
55—65	27,3	31,7
65—75	51.1	67,9
75 und darüber .	95.7	167.5
überhaupt . . .	16.49	17,96

Mit Ausnahme der Altersklassen „0—5" und „15—25" zeigte sich hiernach in allen übrigen Altersklassen die Sterblichkeit in den Peabody Buildings nicht unerheblich kleiner als in ganz London.

Sehr bemerkenswert erscheint ferner, daß in diesen Häusern die Sterblichkein an Diarrhoe etwas niedriger, an Typhus (enteric fever) sogar nur halb so groß war als in London; daß hingegen in ihnen die Sterblichkeit an Phthisis und anderen tuberkulösen Krankheiten um ein Geringes, die an unmittelbar übertragbaren Infektionskrankheiten (wie Scharlach und Diphtheritis und noch mehr Keuchhusten und Masern) aber nicht unerheblich prävaliert.

Vergleiche auch die unter [18] und [19] angegebene Litteratur.

Was ferner die Infektionskrankheiten betrifft, so ist zunächst hervorzuheben, daß bei einem Teil dieser Krankheitsgruppe sich beachtenswerte lokale Verschiedenheiten zeigen. In England überwiegen sämtliche Krankheiten dieser Klasse in den Städten, in Preußen und Bayern zeigen jedoch Masern, Keuchhusten, Krupp und Diphtheritis, und in Bayern auch Scharlach umgekehrt auf dem Lande eine größere Sterblichkeit. Auch der Unterschied in der Typhussterblichkeit ist in Preußen nur gering, in England und Bayern hingegen ziemlich beträchtlich. Es handelt sich hierbei wahrscheinlich um Verschiedenheiten socialer Natur und der hiermit gegebenen größeren oder geringeren Gefahr der Ansteckung, sowie um Verschiedenheiten in der hygienischen Fürsorge, namentlich hinsichtlich der Bodenreinigung und Wasserversorgung. Dagegen überwiegt bei der städtischen Bevölkerung wie die Kinderdiarrhöe, so auch der einheimische Brechdurchfall der Erwachsenen sehr erheblich. Daß aber gerade diese ganze Krankheitsklasse von der Dichtigkeit der Bevölkerung erheblich beeinflußt wird, steht außer allem Zweifel. Ein Blick auf die beigefügten Tabellen (4a und 4b) zeigt diesen Einfluß beispielsweise bezüglich der Typhusfrequenz in Berlin [20]. Wir erinnern ferner nur an die sogenannten Pennen, die dort in früheren Jahren oft genug die Ausgangspunkte von Cholera, Flecktyphus und Pockenepidemie gewesen.

Albrecht[21] bemerkt, daß nach Albu's Berichten aus dem Anfange der siebenziger Jahre, der Zeit, wo in Berlin die Wohnungsnot einen ihrer Kulminationspunkte erreicht hatte, damals infolge des Aftervermietungssystems die Wohnungen der ärmeren Familien durch Ueberfüllung und Unsauberkeit wahre Brutstätten für Krankheiten geworden waren. So lieferte innerhalb des 61. Medizinalbezirks von 153 Flecktyphuskranken ein Haus allein 150. Aus einem Hause des 18. Medizinalbezirks kamen von 675 Armenkranken auf ein Haus allein 177 = 30,8 Proz.; alle 6 in diesem Bezirke unter den Armen vorgekommenen Cholerafälle entstammten diesem Hause, ebenso 46 Proz. aller Ruhr- und 80 Proz. aller Diphtheritisfälle. Ein anderer Häuserkomplex, in welchem über 1000 Menschen hausten, lieferte 53 Proz. aller in vier Monaten im 13. Medizinalbezirk behandelten Kranken.

Nach Körösi[22a] traten die ansteckenden Krankheiten in den am dichtesten bewohnten Zimmern am häufigsten auf, so beispielsweise die Cholera während der Epidemie in Pest in den Jahren 1872/73[22b]. In den Jahren 1874—1883 stieg daselbst die Intensität in dem Auftreten der Infektionskrankheiten in den Klassen der größeren Dichtigkeit (K. teilt die Bevölkerung ein nach der Anzahl der auf je 1 Zimmer entfallenden Bewohner in 3 Klassen: 1. Kl., wo 1 oder 2 Personen, 2. Kl., wo 3—5 Personen, 3. Kl., wo mehr als 5 Personen auf 1 Zimmer entfallen) gegen jene der minderen Dichtigkeit in Wohnungen mit[22c]

	über 2 Einwohn.	über 5 Einwohn.
bei Scharlach um	+ 2 Proz.	— 4 Proz.
„ Diphtheritis um	+ 24 „	— 1 „
„ Krupp um	+ 57 „	+ 65 „
„ Keuchhusten um	+ 101 „	+ 124 „
„ Masern um	+ 25 „	+ 364 „
„ allen epidemisch infektiösen Krankheiten (inkl. Typhus und Pocken) um	+ 43 „	+ 49 „

Ganz besonders verdient aber hier der Einfluß überfüllter schlechter Wohnungen auf die Verbreitung des Flecktyphus hervorgehoben zu werden. Alle Autoren legen diesem Momente eine mehr oder weniger erhebliche Bedeutung bei. Wir erinnern hier an die große Verbreitung des Flecktyphus in den überfüllten und schmutzigen englischen Gefängnissen im vorigen Jahrhundert und an das eigenartige Verhalten dieser Krankheit im Krimkriege*), ferner an die häufigen und furchtbaren Epidemien in Irland, deren Ursachen vorzugsweise auf die Mangelhaftigkeit der dortigen Wohnungen und auf schlechte Nahrung zurückgeführt werden[24]). Interessant ist weiter die Beobachtung, die Mosler während der Epidemie der Chauseearbeiter des Franzburger Kreises zu machen Gelegenheit hatte. Während die verwahrlosten, in schlecht gelüfteten und schmutzigen Erdhütten wohnenden Erdarbeiter in hohem Grade von der Krankkeit ergriffen wurden, blieben die Steinschläger, welche gute und kräftige Kost und saubere Wohnung hatten, völlig verschont[25]. Vor allem ist aber hier R. Virchow[26] zu nennen, welcher auch für die oberschlesische Epidemie ein Hauptgewicht auf den Einfluß der Wohnungen legt.

Endlich mögen noch einige Tabellen folgen, welche den Einfluß der Bevölkerungs- und Wohnungsdichtigkeit auf die Sterblichkeit überhaupt deutlich erkennen lassen.

(Siehe Tabelle 4a, 4b u. 5 S. 9.)

Nach Tab. 5 zeigt sich dieser Einfluß erst deutlich ausgesprochen, wenn, was leicht begreiflich, die Bevölkerungsdichtigkeit einen gewissen Grad erreicht hat, und nach Tab. 6 ist derselbe erheblich beträchtlicher im Kindesalter als in den anderen Altersklassen, ein Ergebnis, das in voller Uebereinstimmung sich befindet mit dem oben in Betracht gezogenen Verhalten der Säuglingssterblichkeit.

*) Während des Krimkrieges trafen die Verheerungen der ersten Epidemie im Winter 1854/55 hauptsächlich die Engländer, deren Armeeverwaltung tief unter der französischen stand; in der zweiten Epidemie im folgenden Winter blieben die Engländer fast verschont, während die Franzosen stark heimgesucht wurden; die Engländer waren inzwischen in große luftige Hütten verlegt worden, während die Franzosen in dem zweiten strengen Winter sich in ihren überfüllten Zelten hermetisch abschlossen[23].

Tabelle 4a.
Typhus-Erkrankungen in Berlin im Jahre 1880, verglichen mit der Bevölkerungsdichtigkeit.

Zahl der an Typhus Erkrankten	Zahl der Stadtbezirke	Durchschnittszahl der Einwohner im Hause
0	10	42,2
1	9	42,7
2	14	45.1
3	16	46.3
4	17	50.4
5	14	57.5
6	16	58.3
7	13	60.0
8	8	62.6
9	10	63.0
10—14	45	65.2
15—19	16	72.4
20—24	15	90,3
25—29	6	94.4
31—53	7	97,2

Tabelle 4b.
Typhus-Todesfälle in Berlin im Jahre 1880, verglichen mit der Bevölkerungsdichtigkeit.

Zahl der an Typhus Gestorbenen	Zahl der Stadtbezirke	Durchschnittszahl der Einwohner im Hause
0	83	49.9
1	29	62.7
2	51	64.5
3	22	74,4
4	18	77,1
5	5	77.4
6—9	6	91,5
10—13	2	98,5

Tabelle 5.
In England kamen 1871—80 in den Distrikten[27]

mit einer durchschnittlichen Sterblichkeit p. M. der Bewohner	Personen auf die □-Meile
14,48	253
15,60	200
16.63	258
17,58	211
18.53	194
19.48	217
20,56	458
21.54	677
22.55	1301
23.54	1819
24.41	2166
25.54	2819
26.26	2944
30.23	6144

Tabelle 6.
Sterblichkeit in Leipzig 1875 und 1876 nach der Bevölkerungsdichte, nach der Zählung vom 1. Dezember 1875 [28].

Straßen mit einer durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von	Von 100 starben jährlich		
	unter 1 Jahre	über 5 Jahre	alle Alter
0 —1 Bewohnern in jedem Zimmer	11	1,0	1,1
1 —1,5 " " " "	25	1,1	1,8
1,5—2 " " " "	26	1,1	2,0
2 —2,5 " " " "	34	1,4	2,6
2,5—3 " " " "	33	1,3	2,7
über 3 " " " "	42	1,8	3,4

Tabelle 7.
Sterblichkeit in Berlin nach Höhenlage der Wohnungen [29].

Höhenlage der Wohnungen	Von je 1000 Bewohnern starben		
	1875/76	1880/81	1885/86
Keller	35,6	23,6	21,1
Erdgeschoß	29,4	21,8	20,4
1. Stock	28,6	20,6	18,4
2. "	29,2	22,3	18,8
3. "	32,9	22,0	19,0
4. und 5. Stock	36,5	25,8	21,4

Aus Tab. 7 ist endlich auch der Einfluß der Höhenlage der Wohnung auf die Sterblichkeit zu ersehen. Sie ist am günstigsten im 1. Stock, um alsdann stetig mit der Zahl der Stockwerke zu steigen; im Keller ist sie etwas günstiger als in den höchsten Stockwerken, wahrscheinlich infolge der verhältnismäßig besseren wirtschaftlichen Verhältnisse der Kellerbewohner.

Diese Tabelle ist aber auch weiter von hohem Interesse, weil sich aus ihr ergiebt, daß in Berlin die Sterblichkeit in allen Stockwerken erheblich abgenommen, und zwar am erheblichsten im Keller und in den oberen Stockwerken, und weil diese Abnahme, die zu einem Teil wenigstens zurückzuführen ist auf die großen sanitären Einrichtungen der Hauptstadt, namentlich in Bezug auf Bodenreinigung und Wasserversorgung, zeigt, wie erheblich die aus dem dichten Zusammenwohnen hervorgehenden Schäden sich durch hygienische Fürsorge mindern lassen, und daß der sich hieraus ergebende Nutzen für die öffentliche Gesundheit an erster Stelle den niederen socialen Schichten der Bevölkerung zu Gute kommt [33].

Schließlich ist noch das gleichfalls nicht unerhebliche Ueberwiegen der Herz-, Nieren- und namentlich der Gehirnkrankheiten bei der städtischen Bevölkerung kurz zu berühren. Die Ursachen sind vorzugsweise zu suchen in dem aufreibenden, die Nerven überreizenden, zu Ausschreitungen jeglicher Art Veranlassung gebenden städtischen Leben und vor allem in dem Mißbrauch geistiger Getränke. Und auch hierbei spielen die Wohnungsverhältnisse insofern eine nicht unwichtige Rolle,

als schlechte, unsaubere, überfüllte Wohnungen leicht Veranlassung geben, statt des eigenen Heims lieber Schänken und Wirtshäuser aufzusuchen.

Ueberblickt man schließlich die ganze Reihe dieser Untersuchung, so zeigt sich, daß die Frage über den Einfluß der Wohnung im ganzen und großen sich deckt mit der Frage des Einflusses der socialen Stellung auf die Gesundheit. Zwar kann es keinem Zweifel unterliegen, daß auch die Wohnung an sich gesundheitsschädliche Folgen in sich tragen kann[30]. Jeder Arzt kennt beispielsweise die nachteiligen Wirkungen feuchter Wohnungen, und Reck[31] hat diese sogar statistisch nachzuweisen gesucht und gefunden, daß die Sterblichkeit der niederen Klassen in solchen Wohnungen am größten ist. Im allgemeinen handelt es sich hier aber um eine sociale Frage, und zwar allerersten Ranges, um die viel diskutirte, für Gesundheit, allgemeine Wohlfahrt und Gesittung hochwichtige sog. Wohnungsfrage. Welche Beachtung dieselbe verdient, zeigen schon folgende Ziffern: Die Zahl derer mit nicht mehr als einem heizbaren Zimmer machen aus: in Frankfurt a. M. 23 Proz. der Bevölkerung, in Leipzig 28, Hamburg 39, Berlin 49, Dresden 55, Breslau 59, Stettin 59, Königsberg 62, Chemnitz 70 Proz., und $3^1/_2$—5 Bewohner kommen durchschnittlich in den meisten größeren Städten auf dieses eine heizbare Zimmer[32]. Deshalb fällt, wie auf so vielen anderen Gebieten der öffentlichen Gesundheitspflege, auch auf diesem der Socialpolitik die wichtigere Aufgabe zu.

1) *Preuſs. Statistik Bd.* 48 *a*, 61; 61. *Bd. IV.*

2) 43. *Annual Report of the Registrar-General of Births, Deaths and Marriages* (1882) *CVI.*

3) *Movimento dello stato civile anni* 1862—1878 (1879) *Introd. VII.*

4) *Handbuch der Statistik von* **Maurice Block**, *deutsche Ausgabe zugleich als Handbuch der Statistik des Deutschen Reichs von* **H. v. Scheel** (1879) 242.

5) *Supplement to the Forty-Fifth Annual Report etc.* (1885) *CLX. Man vergl. auch* **A. Oldendorff**, *Artikel Berufsstatistik in Eulenburg's Real-Encyklopädie II. Aufl.*, 2. *Bd.*

6) *Zeitschrift des Kgl. preuſs. statist. Bureaus* (1880 *und* 1882).

7) *Statistisches Jahrbuch der Stadt Berlin* 11. *Bd.* (1883).

8) **Finkelnburg**, *Ueber den hygienischen Gegensatz von Stadt und Land, C. f. allg. Ges.* 1 *Bd.*

9) **Neison**, *Contribution to vital statistics etc.* 3. *Aufl.* (1857).

10) **Henry Ratcliff**, *Supplementary Report* (1872).

11) **Harald Westergaard**, *Die Lehre von der Mortalität und Morbilität* (1882) 199.

12) **A. Oldendorff**, *Artikel Morbiditäts- und Mortalitäts-Statistik in Eulenburg's Real-Encyklopädie II. Aufl.*, 13. *Bd.*

13) **v. Firks**, *Die Zeit der Geburten und die Sterblichkeit der Kinder während des ersten Lebensjahres, Zeitschrift des Kgl. preuſs. stat. Bur.* (1885).

14) **L. Pfeiffer**, *Die proletarische und kriminelle Säuglingssterblichkeit, Jahrbüch für Nationalökonomie und Statistik N. F* 4. *Bd.* (1882), *und* **A. Oldendorff**, *Die Säuglingssterblichkeit in ihrer socialen Bedeutung, Archiv für sociale Gesetzgebung und Statistik* 1. *Bd.*

15) **A. Oldendorff**, *Artikel Kindersterblichkeit in Eulenburg's Real-Encyklopädie II. Aufl.*, 10. *Bd.* 698.

16) **Geigel**, *Kindersterblichkeit in Würzburg. V. f. öff. Ges.* (1871).

17) **A. Newsholme**, *The vital statistics of Peabody Buildings, Journ. Royal Statistical Society* (1891) 70 *ff.*; *siehe auch* **Sykes** *in Transactions of the* 7 *intern. Congr. of Hygiene and Demographie, London* 1891, *Vol. VI, Section VI, S.* 102 *ff.*

18) *Vierteljahrsschr. f. öff. Ges.* 24. *Bd.* 66.

19) *Schriften d. Vereins f. Sozialpolit.* 30. *Bd.* 137 *u.* 139.

20) **Skrzeczka**, *Generalber. über das Medizinal- und Sanitätswesen der Stadt Berlin in den Jahren* 1879 *und* 1880 (1882) 37 *u.* 38.

21) **Dr. Heinrich Albrecht**, *Die Wohnungsnot in den Groſsstädten und die Mittel zu ihrer Abhilfe* (1891).

22 *a*) **Körösi**, *Influence des habitations sur les causes des décès et sur la durée de la vie* (*Extrait des Annales de Démographie internationale Paris* 1877).

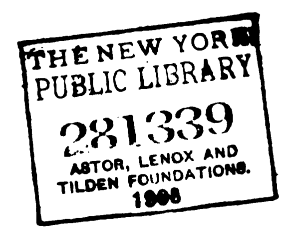
22 *b*) *Derselbe, Die Choleraepidemie in den Jahren* 1872 *und* 1873.

22 c) *Derselbe, Die Sterblichkeit der Stadt Budapest in den Jahren* 1876—1881 *und deren Ursachen* (1885).
23) **Charles Murchison**, *A treatise on the continued fevers of Great Britain*, 2 *edit.* (1873) 103 *und* 110 *ff.*
24) *First Report of the general board of health in the city of Dublin* (1822).
25) **Mosler**, *Artikel Flecktyphus in Eulenburg's Real-Encyklopädie II. Aufl.*, 7. *Bd.* 273.
26) **R. Virchow**, *Mitteilungen über die in Oberschlesien herrschende Typhusepidemie* (1848).
27) *Supplement to the Forty-Fifth Annual Report* (1885) *XX.*
28) *Mitteilungen des Stat. Bur. der Stadt Leipzig* 12. *Bd.* (1877).
29) **Boeckh**, *Statist. Jahrb. der Stadt Berlin* 4. *und* 14. *Bd.*
30) **Hüllmann**, *Ueber die durch das Wohnen in neugebauten Häusern bedingte Krankheiten, Vierteljahrsschr. f. öff. Ges.* 17. *Bd. und* **Ascher**, *ebendas.* 25. *Bd.*
31) **Reck**, *Bericht über die Gesundheitsverhältnisse der Stadt Braunschweig in den Jahren* 1864—1873.
32) **Schmoller**, *Ein Mahnruf in der Wohnungsfrage, Neuabdruck in „Zur Social- und Gewerbepolitik der Gegenwart"* (1890) 348.
33) *Siehe* **Th. Weyl**, *Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte mit besonderer Rücksicht auf Berlin, Jena* 1893. *Ferner die Diskussion der Berliner medizinischen Gesellschaft über vorstehendes Buch von* **Th. Weyl**, *abgedruckt in der Berliner klinischen Wochenschrift* 1893 *und* 1894.

WOHNUNGSSTATISTIK UND WOHNUNGS-ENQUÊTE.

VON

DR. H. ALBRECHT
IN GROSS-LICHTERFELDE BEI BERLIN.


THE NEW YOR
PUBLIC LIBRARY
281339
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Wohnungsstatistik und Wohnungsenquete.

Von

Dr. H. Albrecht,
Grofs-Lichterfelde.

I. Die Methoden der Erhebung.

Im vorigen Abschnitt ist von den Wirkungen die Rede gewesen, welche die Uebervölkerung der Wohnungen im Verein mit gewissen anderen Mängeln derselben auf die Gesundheitsverhältnisse der Bewohner auszuüben geeignet sind. Es wird nunmehr weiter darauf ankommen zu untersuchen, in welchem Umfange die Schädlichkeiten thatsächlich vorhanden sind.

Systematische Untersuchungen über die Wohnungsverhältnisse der deutschen Städte sind relativ neuen Datums. Erst in den vierziger Jahren haben die Schilderungen der englischen Tagespresse von den furchtbaren Wohnungszuständen in London und den englischen Fabrikstädten die allgemeine Aufmerksamkeit auf diese Frage gelenkt. Ernstere Versuche, derartige Ermittelungen auf eine wissenschaftliche Basis zu stellen, sind indessen wesentlich erst mit Beginn der sechziger Jahre gemacht. Seit dem Jahre 1861 hat man in Berlin mit den allgemeinen Volkszählungen Erhebungen über die Wohnungsverhältnisse verbunden. Die grundlegenden Arbeiten von S. Neumann über die Aufnahmen in den Jahren 1861 und 1864 sind von H. Schwabe für die Jahre 1867 und und 1871 und von R. Boeckh für die Jahre 1875, 1880, 1885 und 1890 in vollständiger Weise fortgeführt und namentlich von letzterem wesentlich entwickelt und genauer gestaltet worden. Dem Beispiel Berlins sind dann eine Reihe weiterer Städte gefolgt, in erster Linie diejenigen, welche statistische Aemter besitzen. In den Veröffentlichungen der letzteren liegt heute bereits ein umfangreiches Material zur Beurteilung der Frage vor.

Die betreffenden Erhebungen betrachten durchweg das Grundstück mit den darauf befindlichen Gebäuden gesondert von der Wohnung als solcher. Die Grundstücksaufnahme erfolgt entweder als Vorbereitung zur eigentlichen Volkszählung einige Wochen vor dem allgemeinen Zählungstage, oder, wie in Berlin, zugleich mit der Volkszählung. Ueber die Methoden der Erhebung selbst werden wir am besten durch die Wiedergabe eines Beispiels orientieren. Wir wählen hierzu die bei der Volkszählung am 1. Dezember 1890 verwandte Berliner „Grundstückskarte“ (in anderen Städten auch „Fragebogen für Grundstücksbesitzer“, „Hausbogen“ etc. benannt).

Berliner Grundstückskarte.

Volkszählung am 1. Dezember 1890.

Polizei-Revier Nr. .... **Haus** .... **Strasse Nr.** ....
Stadtbezirk Nr. .... **Strasse Nr.** ....

Name des Hauseigentümers, wenn er im Hause wohnt: ....
Seit wann gehört demselben dieses Grundstück? (Jahr, Monat) ....
Name des Vizewirts (wenn der Eigentümer nicht im Hause wohnt):
....

Außerdem Name und Wohnung (bezw. Wohnort) des Eigentümers, wenn derselbe nicht im Hause wohnt: ....
Seit wann gehört demselben dieses Grundstück? (Jahr, Monat) ....

Bemerkungen. Werden auf einem nicht bebauten Grundstücke bei der Volkszählung Personen gezählt, so wird für dasselbe vom Zähler eine Grundstückskarte ausgestellt, auf welcher nur die Bestimmung des Grundstücks und die Art des Aufenthaltsortes (der einstweiligen Wohnstätte) der betreffenden Personen bezeichnet wird (ob Hütte, Bude, Zelt, Wagen, Schiff, Floß).

Ist das Grundstück zwar bebaut, zur Zählungszeit aber unbewohnt, weil es nicht fertig gestellt? — oder nicht zu Wohnzwecken dient? — oder alle Wohnungen leer stehen? so hat der Zähler dies durch Unterstreichen des zutreffenden Falles anzugeben und die Karte soweit möglich auszufüllen.

Als einzelnes Gebäude ist jedes zu rechnen, welches frei steht oder von anstoßenden Gebäuden durch eine vom Dach bis zum Keller gehende Trennungswand geschieden ist.

1. Verzeichnis der auf dem Grundstücke befindlichen Gebäude:

Lauf. No.	Haupt-Bestimmung jedes Gebäudes (ob Wohnhaus, Gasthaus, Krankenhaus, Fabrikgebäude, Warenhaus, Stall u. s. w.)	Bei jedem bewohnten Gebäude, anzugeben, ob es hat:								
		bewohnte Keller	Erdgeschoß	Hochparterre	Halbstock (Entresol)	ersten Stock	zweiten Stock	dritten Stock	vierten Stock	fünften Stock

(Noch zur Vorderseite gehörend.)

2. Wie groß ist die Zahl der **bewohnten** Wohnungen (ausgefüllten Wohnungskarten)? ....

3. Verzeichnis der leerstehenden Wohnungen:

Lauf. No.	Stockwerklage.	Zimmerzahl	seit wann unbewohnt? (Monat, Jahr)

4. Verzeichnis der besonders vermieteten nicht zu Wohnzwecken dienenden Gelasse (an Hausbewohner vermietete bleiben fort!):

Lauf. No.	Bestimmung des Gelasses (ob Laden, Comptoir, Werkstätte, Geschäftslokal, Amtslokal, Lagerraum u. s. w.).	Jährlicher Mietpreis des Gelasses M.	seit wann vermietet (an den gegenwärtigen Mieter)?

5. Verzeichnis der leerstehenden nicht zu Wohnungen gehörigen Gelasse:

Lauf. No.	Bestimmung (ob Laden, Comptoir u. s. w. wie oben).	seit wann leerstehend?

Ausgefüllt durch den Eigentümer oder dessen Stellvertreter.

Unterschrift: ......

Die Erhebung erstreckt sich danach, außer auf die genaue Bezeichnung des Grundstücks und auf die Feststellung der Person des Eigentümers, im wesentlichen auf folgende Fragen: 1) Verzeichnung der auf dem Grundstück befindlichen Gebäude mit Angabe der Bestimmung und Benutzungsweise, sowie der Stockwerkszahl; 2) Zahl der bewohnten Wohnungen (über welche im einzelnen dann weiter die besonderen Wohnungskarten Auskunft geben); 3) Bezeichnung der leerstehenden Wohnungen; 4) Bezeichnung der bereits vermieteten, sowie der leerstehenden, nicht zu Wohnzwecken dienenden Gelasse.

Die eigentliche Wohnungsaufnahme erfolgt sodann gesondert durch folgende Zusatzfragen — wir wählen wieder das Beispiel der Berliner Erhebung vom 1. Dezember 1890 — zum Haushaltungsverzeichnis (Formular B) der allgemeinen Volkszählung:

1. Sind Sie **Eigentümer** dieses Hauses oder sind Sie **Mieter** dieser Wohnung? oder **Aftermieter?** oder Inhaber einer **Dienstwohnung?** oder einer **Freiwohnung** (gegen andere Leistungen)? (Zutreffendes zu unterstreichen.)

2. Liegt Ihre Wohnung im Keller, Erdgeschoß, Hochparterre, Halbstock (Entresol), eine, zwei, drei, vier, fünf Treppen hoch? (Zutreffendes zu unterstreichen, als Keller gelten Räume mit unter der Straßenfläche liegendem Fußboden.)

3. Wie viel **Zimmer** hat Ihre Wohnung? und zwar **heizbare** Zimmer ...., **nicht heizbare** Zimmer .... (Nur Räume mit Fenster und nur bewohnte Räume sind zu rechnen; Küche, Speisekammer und dergleichen Räume kommen hier nicht in Rechnung.)

Wieviel Zimmer (heizbare und nicht heizbare) haben **Fenster** nach der **Strafse** .... Wird in den Zimmern Ihrer Wohnung **zugleich** ein **Gewerbe** betrieben? in wie vielen? ....

4. Hat Ihre Wohnung **ausserdem** eine **Küche?** .... oder ist dieselbe gemeinschaftlich mit anderen Haushaltungen? .... hat Ihre Wohnung Speisekammer? Badezimmer? Alkoven? Hängeboden (Mädchengelaß)? (Zutreffendes zu unterstreichen.)

5. Benutzen Sie **ausser** den zu 3 und 4 bezeichneten Räumen in demselben Hause besondere Räume, und zwar wie viele als **Läden?** .... **Wirtschafts-, Restaurationslokale?** .... **Comptoire?** .... **Geschäfts- und Lagerräume?** .... **Werkstätten, Fabrikräume?** .... **Niederlagen, Remisen etc.?** .... **Stallungen?** ....

6. Wird in Ihrer Wohnung **Wasserleitung** benutzt? .... ist dieselbe gemeinschaftlich mit anderen Haushaltungen? .... hat Ihre Wohnung **Badeeinrichtung?** .... ist dieselbe gemeinschaftlich mit anderen Haushaltungen? .... hat Ihre Wohnung **Watercloset?** .... ist dasselbe gemeinschaftlich mit anderen Haushaltungen? ....

7. **Jährlicher Mietpreis** Ihrer Wohnung (inkl. Nebenabgaben) M. ...., beim Hauseigentümer bezw. bei Amtswohnungen etc. **geschätzter Wert** derselben: M. .... **Jährlicher Mietpreis** der **getrennt** liegenden **Gewerberäume** M. ....

8. **Seit wann** wohnen Sie in diesem Hause (Jahr, Monat)? ....

Dieses Erhebungsformular giebt zunächst Aufschluß über Eigentumsverhältnis, Höhenlage und Zahl der Wohngelasse und Nebenräume der einzelnen Wohnungen. In hygienischer Beziehung von besonderer Bedeutung ist die Unterscheidung der Wohnungen nach dem Vorhandensein und nach der Art bestimmter häuslicher Einrichtungen, wie Wasser-

leitung, Badeeinrichtung, Abtrittseinrichtung. Sozialpolitisch wichtig ist die Frage nach dem Mietpreis der Wohnung. Endlich giebt die letzte Frage Aufschluß über die sozialpolitisch ebenfalls bedeutsame Häufigkeit des Wohnungswechsels.

Aus der Kombination der Grundstückskarte mit dem Haushaltsverzeichnis läßt sich die „Behausungsziffer", d. h. die Zahl der auf ein Grundstück entfallenden Bewohner ableiten, ferner aus dem Haushaltsverzeichnis, im Verein mit Zusatzfrage 3 nach der Anzahl der Zimmer, die Zahl der auf ein Zimmer entfallenden Bewohner u. s. w.

Der Umfang der Erhebung und die Zahl und Formulierung der Fragen ist nicht in allen Städten, welche im Anschluß an die Volkszählung Erhebungen über die Wohnungsverhältnisse anstellen, die gleiche. Um indessen zu einigermaßen vergleichbaren Resultaten zu gelangen, werden jeweilig in den periodischen Konferenzen der deutschen Städtestatistiker allgemeine Grundsätze festgesetzt, nach welchen die Fragebogen aufzustellen sind. Auf diese Weise ist es bis zu einem gewissen Grade gelungen, für eine Reihe von Städten vergleichbare Ergebnisse zu gewinnen.

So mannigfacher Art indessen die Aufschlüsse sind, welche auf diesem Wege in Bezug auf die Wohnungsverhältnisse der großstädtischen Bevölkerung zu erlangen sind, so viele Fragen bleiben noch offen, auf welche eine Erhebung in den engen Grenzen, innerhalb deren sich die mit der allgemeinen Volkszählung verbundene Aufnahme notwendig bewegen muß, keine Antwort geben kann. Gerade hinsichtlich der sanitären Zustände der Wohnungen werden solche Erhebungen immer mehr oder weniger an der Oberfläche bleiben und „operieren so vielfach mit unbestimmten Kategorieen und relativen Merkmalen, daß von ihnen nicht das Material zu einem legislativen oder administrativen Einschreiten erwartet werden darf" (Bücher).

Den Weg gezeigt zu haben, auf welchem in dieser Beziehung Vollkommeneres erreicht werden kann, ist das Verdienst Karl Bücher's, dessen Bearbeitung der im Februar 1889 im Auftrage des Großen Rates des Kantons Basel-Stadt ausgeführten Enquête über die Wohnungsverhältnisse der Stadt Basel [1] das bis heute unerreichte Muster einer Wohnungserhebung darstellt, deren Nachahmung im weitesten Umfange allein imstande sein würde, ein unanfechtbares Material für die Würdigung aller hierher gehörigen Fragen an die Hand zu geben. Bei der Bedeutung, welcher dieser klassischen Untersuchung zukommt, rechtfertigt es sich, etwas eingehender auf die dabei befolgte Methode einzugehen.

Der Schwerpunkt der Erhebung bei dieser Aufnahme ist auf die sanitäre Seite gelegt. Gleichzeitig werden aber auch die sozialen Beziehungen des Wohnungsverhältnisses, insbesondere die Höhe der Mieten, die Größe und Zusammensetzung der Haushaltungen mit ins Auge gefaßt. Die Erhebung hält etwa die Mitte zwischen einer Enquête im engeren Sinne, d. h. der kontradiktorischen Vernehmung von Zeugen und Sachverständigen über die vermutlichen Uebelstände, und der statistischen Aufnahme. Dieselbe erstreckt sicht ganz allgemein auf alle Häuser der Stadt, mit einziger Ausnahme derjenigen, welche nur von einer Familie bewohnt wurden, von denen daher wohl a priori angenommen werden durfte, daß sie ziemlich weitgehenden hygienischen und socialpolitischen Anforderungen genügten. Als Grundlage für die Aufnahme diente der Fragebogen S. 18, 19.

1. Wohnungsbogen.

(Vorderseite).

Volkszählungskreis No............... **1889.** **Haushaltung No.**..............

Liegenschaft No. ....

1. **Art des Gebäudes:** *Vordergebäude. Flügelgebäude, Hintergebäude**
2. **Name des Haushaltungsvorstandes:** ....
3. **Personen in der Haushaltung: Total**......................
   nämlich: Familienangehörige.........., Dienstboten und Gewerbegehilfen.........., Schlafgänger...........
4. **Beschreibung der einzelnen Räume** (Die Erklärung siehe auf der **Rückseite**).

No.	Lage	Verwendung	Länge (Tiefe)	Breite	Höhe	Bodenfläche	Kubikinhalt	Fensterzahl	Beleuchtung	Schlafende Pers.	Höhe über Terrain	Unterlage
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Bei **Kniestockräumen**: Höhe der Fensterbrüstung über dem Fußboden......................

5. **Bei ungünstiger oder zweifelhafter Beschaffenheit** einzelner Räume ist noch anzugeben unter Beifügung der Nummer des betreffenden Raumes:
   Größe der Fensterfläche..................................
   Breite der anliegenden Straße................................
   Breite und Länge der anstossenden Hofräume................................
   Größe der Lichtschächte: qm................................

6. **Weitere Bemerkungen** über einzelne Räume sind auf der **Rückseite** anzubringen. Den **Schlafräumen** ist dabei eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

(Noch zur Vorderseite gehörend).

7. Abtritte: Anzahl ...., **mit welchen Haushaltungen gemeinschaftlich?** ....
Lage ***innerhalb, ausserhalb*** **des Hauses***
Art der Beleuchtung ....
Art der Ventilation ....
Ableitung: ***Schwemmkanal, Teich oder Rhein, Dohle ohne Spülung, überdeckte Baugrube, offene Baugrube****.
8. Küchenwasser, Ableitung in:
Schwemmkanal, Teich oder Rhein, Dohle ohne Spülung, überdeckte Baugrube, offene Baugrube, Zisterne*.
9. Wasserbezug: ***Wasserwerk, laufender Brunnen, Sodbrunnen****.
10. Allgemeiner Zustand der Wohnung: a. ***gut unterhalten, vernachlässigt.***
b. ***trocken, feucht****.
11. Bezahle Miete im Quartal Fr. ....
12. Seit wann wohnt die Haushaltung in dem Hause? ....

---

* Die zutreffenden Worte sind zu unterstreichen.

Unterschrift des Erhebungsbeamten:

....

(Rückseite)

Erklärung zur Beschreibung der einzelnen Wohnräume:

Kol. 2.: 00 (unter dem Erdgeschoß), **0** (Erdgeschoß), **I, II, III, IV.** Stockwerk Mansarde, Kniestock.
Kol. 3: Wohnraum, Schlafraum. Küche Arbeitsraum (Werkstätte), oder kombiniert: WA, WS, WK, WSA, WSK, u. s. w.
Räume, **die nur als Arbeitsräume** (Werkstätten) dienen, sind **nicht aufzunehmen.**
Kol. 4, 5, 6 sind bei Räumen, die **nur als Küche** dienen, **nicht auszufüllen.**
Kol. 7, 8 werden erst nach der Aufnahme ausgefüllt.
Kol. 10: direkt, indirekt.
Kol. 11. Die Totalzahl der **Schlafenden** soll mit der Totalzahl der **Personen** in der Haushaltung übereinstimmen.
Kol. 12 ist **nur für Erdgeschossräume** bestimmt.
Liegt der Fußboden **unter dem Terrain**, so wird der Zahl ein — vorgesetzt.
Kol. 13 ist ebenfalls **nur für Erdgeschossräume** bestimmt;
unterkellert, hohl gelegt, direkt auf dem Terrain aufliegend.

Der Gang der Erhebung an der Hand dieses Fragebogens war folgender: Zunächst wurde durch das Volkszählungsbüreau die Stadt in eine Anzahl (26) Erhebungsbezirke von annähernd gleicher Größe eingeteilt und ein genaues topographisch geordnetes Verzeichnis aller Wohnhäuser jedes Bezirks unter Beifügung der Zahl der Haushaltungen und der bei der letzten Volkszählung ermittelten Bewohner aufgestellt. Gleichzeitig wurden durch das Baudepartement, teils durch Ueber nahme tüchtiger Arbeiter von verschiedenen Zimmermeistern und Bauunternehmern, teils durch direkte Anstellung 52 Erhebungsbeamte gewonnen, von denen immer je zwei zusammen arbeiten sollten. Zur Erleichterung der Beaufsichtigung derselben wurden drei Kontrollbezirke geschaffen, deren jeder einem erfahrenen Beamten des Baudepartements unterstellt wurde. Diesen letzteren lag auch die Instruktion der Erhebungsbeamten ob. Vor Beginn der Erhebung wurde durch Bekanntmachungen in den Tagesblättern die Bevölkerung über die Ziele derselben aufgeklärt. In den Häusern, mit welchen begonnen werden sollte, wurde außerdem mündliche Anzeige erstattet.

Die Erhebung fand in allen 26 Erhebungsbezirken gleichzeitig statt und dauerte drei Wochen. Die Aufnahme der Wohnungen wurde in der Zeit von vormittags 8—12 und nachmittags 1—5 Uhr besorgt. Die beiden Erhebungsbeamten arbeiteten in der Weise zusammen, daß der eine die Messungen und Untersuchungen vornahm, während der andere die Erhebungsformulare ausfüllte. Nach Schluß der Tagesarbeit beging der erstere die am nächsten Tage zu besuchenden Häuser, um überall Anzeige zu erstatten, während der letztere das gewonnene Material den Kontrollbeamten übergab, welche dasselbe einer genauen Prüfung unterzogen. Am folgenden Tage wurden dann zunächst von den Erhebungsbeamten die bei der Kontrolle entdeckten Fehler und Lücken verbessert, bezw. ergänzt. Auf diese Weise wurden täglich durchschnittlich von je zwei Erhebungsbeamten 30 Wohnungen aufgenommen. Die Kosten der Erhebung beliefen sich auf 6000 Frcs.

Die statistische Bearbeitung des Erhebungsmaterials erfolgte nach einem von Bücher entworfenen Arbeitsplan und unter dessen Leitung durch das Volkszählungsbüreau. Die Ergebnisse dieser Bearbeitung liegen in der oben citierten Schrift vor. Die Einzelheiten derselben gehören nicht in diesen Abschnitt.

Die Baseler Enquête ist bis jetzt die einzige amtliche, welche sich in so eingehender Weise mit den Wohnungsverhältnissen der großstädtischen Bevölkerung beschäftigt. Wo wir sonst noch einen tieferen Einblick in dieselben haben thun können, sind es private Untersuchungen gewesen, durch welche uns ein solcher verstattet ist. Die Methode, nach welcher dabei verfahren ist, bewegt sich in allen Schattierungen von der systematischen Fragebogenerhebung bis zu der durch Autopsie gewonnenen Beschreibung einzelner besonders in die Augen fallender Mißstände, je nach dem Zweck, welchen die Untersucher bei ihren Erhebungen verfolgt haben. Dieser Zweck ist auch das Ausschlaggebende bei der Bewertung der einzelnen Methoden. Handelt es sich um mehr agitatorische Zwecke, so wird das letztere Verfahren natürlich das wirkungsvollere sein. Dagegen kann als Grundlage für die wissenschaftliche Schlußfolgerung sowohl, wie für allgemeine administrative und gesetzliche Maßnahmen nur eine amtliche und in der Methode sich an die Baseler Enquete anlehnende Erhebung angesehen werden.

II. Die Ergebnisse der Erhebung.

A. Amtliche Statistik. Die bisherigen Ergebnisse der amtlichen Wohnungsstatistik derjenigen deutschen Städte, welche mit Hilfe ihrer statistischen Aemter im Anschluß an die Volkszählungen regelmäßige Erhebungen in dieser Richtung anstellen, sind in den betreffenden Abschnitten von Neefe's Statistischem Jahrbuch deutscher Städte zusammengestellt [2]. Dasselbe enthält mehr oder weniger vollständige Angaben über die Städte Aachen, Altona, Barmen, Berlin, Braunschweig, Bremen, Breslau, Cassel, Charlottenburg, Crefeld, Danzig, Dortmund, Dresden, Düsseldorf, Duisburg, Elberfeld, Erfurt, Essen, Frankfurt a. M., Frankfurt a. O., Görlitz, Halle a. S., Hamburg, Hannover, Karlsruhe, Kiel, Köln, Königsberg i. Pr., Leipzig, Lübeck, Magdeburg, Mainz, Mannheim, Metz, Mülhausen i. E., München, Nürnberg, Posen, Potsdam, Stettin, Straßburg, Stuttgart, Wiesbaden. Wir können hier natürlich nur einige der wichtigsten Ergebnisse aus demselben mitteilen.

Was zunächst die „Behausungsziffer“, die Anzahl der auf ein bebautes Grundstück entfallenden Einwohner anlangt, so stellte sich dieselbe bei den beiden Volkszählungen von 1885 und 1890 für eine Anzahl der genannten Städte, wie folgt:

Städte	Auf ein bewohntes Grundstück kommen durchschnittlich Einwohner		Städte	Auf ein bewohntes Grundstück kommen durchschnittlich Einwohner	
	1885	1890		1885	1890
Berlin	67	73,0	Frankfurt a. M.	18	19,7
Hamburg	31	34.1	Hannover	—	22,2
Breslau	49	49.7	Braunschweig	16	—
München	29	31.9	Halle a. S.	—	25.3
Dresden	33	35.6	Augsburg	16	—
Leipzig	41	33.5	Görlitz	25	26.7
Köln	15	14.6	Kiel	23	25.3

Es ist also fast durchweg ein Anwachsen der Behausungsziffer in dem Zeitraum zwischen den beiden letzten Volkszählungen festgestellt. In ein ganz eigenartiges Licht aber treten diese Zahlen, wenn wir sie mit den entsprechenden aus einigen englischen Städten vergleichen. Die ungleich günstigeren Wohnungsverhältnisse in England treten darin auf das schlagendste hervor [3].

(Siehe Tabelle S. 22.)

Die Anhäufung der Gebäude auf einem Grundstück war 1890 am größten, d. h. es waren die Grundstücke mit 6 und mehr Gebäuden am zahlreichsten in Hamburg (mit 3,5 Proz.) und Altona (2,1 Proz.). Die Wohnungshäufung ist in den verglichenen Städten sehr verschieden; am geringsten ist sie da, wo viele Grundstücke nur eine bis zwei Wohnungen enthalten, wie in Lübeck und Köln. Nimmt man das

Städte	Auf ein bewohntes Grundstück kommen durchschnittlich Einwohner		Städte	Auf ein bewohntes Grundstück kommen durchschnittlich Einwohner	
	1881	1891		1881	1891
Birmingham	5,12	5,01	London	7,84	7,72
Bristol	6,45	6,27	Manchester	5,09	5,04
Hull	4,77	4,71	Newcastle-upon-Tyne . . .	7,17	7,33
Liverpool	5,99	5,68	Sheffield	4,96	4,86

Zusammenwohnen von einer bis fünf Familien auf einem Grundstück als ein normales Verhältnis an, so ergiebt sich für eine Anzahl von Städten, betreffs deren die Zahlen vorlagen, folgendes Verhältnis: Lübeck: 96 Proz., Köln: 86 Proz., Frankfurt a. M.: 80 Proz., Karlsruhe: 72 Proz., Altona: 64 Proz., Kiel: 63 Proz., Görlitz: 52 Proz., Königsberg: 51 Proz., München: 46 Proz., Leipzig: 40 Proz., Dresden: 34 Proz., Breslau: 27 Proz., Berlin: 17 Proz. Fast in allen diesen Städten hat sich der Anteil der Grundstücke mit einer normalen Zahl von Wohnungen seit 1885 vermindert. Die Zahl der sogen. Mietskasernen, für welche die Grundstücke mit über 20 Wohnungen gelten, ist verhältnismäßig am größten in Berlin (mit 32 Proz. aller bewohnten Grundstücke) und Breslau (mit 13 Proz.), weit geringer in München (3,8 Proz.), Königsberg (2,6 Proz.), Dresden (2,1 Proz.), Leipzig (1,4 Proz.); in den übrigen Städten machen dieselben nur einen geringen Promilleteil aus. Namentlich in Berlin hat sich die Zahl der Mietskasernen sehr erhöht: im Jahre 1870 betrug ihr Anteil 16,2 Proz., er hat sich also in den letzten zwanzig Jahren verdoppelt.

Von besonderem Interesse ist die Vergleichung der Wohnungen nach der Zahl der bewohnten Räume. Aus der betreffenden Tabelle ergiebt sich z. B., daß in Berlin 499,5 ‰, also fast die Hälfte aller Wohnungen nur ein heizbares Zimmer hat. In 3376 = 9,1 ‰ der Wohnungen ist überhaupt ein heizbares Zimmer nicht vorhanden. In sechs Städten, nämlich in Halle a. S. (501,0 ‰), Lübeck (522,0 ‰), Breslau (543,8 ‰), Magdeburg (555,8 ‰), Königsberg i. Pr. (594,8 ‰) und Görlitz (607,7 ‰), wird dieser Anteil der einräumigen Wohnungen an der Gesamtzahl noch überschritten, und in Altona (419,1 ‰), Hannover (432,1 ‰) und Dresden (496,5 ‰) bleibt er nicht allzu weit dahinter zurück.

Von weiterer Bedeutung für die sanitären Verhältnisse der Wohnungen ist ihre Höhenlage; namentlich sind es die Kellerwohnungen, welche in dieser Beziehung am meisten zu beanstanden sind. Von 100 bewohnten Gebäuden hatten 1890 in Berlin 56, in Altona 55, Bremen 31, Lübeck 2,5 Kellerwohnungen. Erfreulich ist, daß in einer Anzahl von Städten die Einrichtungen, wie sie die moderne Hygiene erfordert, wie Wasserleitung, Anschluß an die Schwemmkanalisation, Wasserklosetts etc. immer mehr an Boden gewinnen.

Wenden wir uns nun zu den speziellen Verhältnissen einiger Großstädte, so ist zunächst zu bemerken, daß die Ergebnisse der Berliner Wohnungsstatistik vom 1. Dezember 1890 noch nicht abgeschlossen

vorliegen. Einige allgemeine Daten sind indessen in den bereits veröffentlichten „Einstweiligen Ergebnissen“ derselben [4], sowie im Statistischen Jahrbuch der Stadt Berlin [5] enthalten, im übrigen müssen wir auf die Ergebnisse der Zählung von 1885 [6] rekurrieren.

Wie bereits angegeben, ist die auf das Grundstück entfallende Bewohnerzahl von 61 im Jahre 1880 auf 67 im Jahre 1885 und 73 im Jahre 1890 gestiegen. In einzelnen, besonders von den ärmeren Bevölkerungsklassen bewohnten Stadtgegenden ist die Behausungsziffer natürlich eine viel höhere. So betrug dieselbe z. B. in der östlichen Luisenstadt, einem eigentlichen Arbeiterviertel, 127. Dagegen ist die Zahl der auf eine Haushaltung entfallenden Einwohner von 4,37 im Jahre 1880 auf 4,31 im Jahre 1885 und 4,28 im Jahre 1890 gefallen. Die Zahl der Schlafgänger, welche für die Wohnungsverhältnisse der arbeitenden Klassen in Berlin besonders bezeichnend sind, hat absolut von 59087 im Jahre 1880 auf 84687 im Jahre 1885 und 95365 im Jahre 1890 zugenommen. Im Vergleich mit der Gesamtheit sind sie dagegen weniger zahlreich als bei der letzten Zählung. Der Anteil betrug 1890 60,8 ‰ gegen 64,4 ‰ bei der Zählung von 1885 und 52,6 ‰ 1880. Ueber die Zahl der Wohnungen mit nur einem heizbaren Zimmer sind oben bereits Angaben gemacht. Die Zunahme derselben seit 1885 beträgt 201,8 ‰.

Aus den Ergebnissen der Wohnungsaufnahme von 1885 führen wir hier nur einige für die Wohnungsverhältnisse der ärmeren Bevölkerung besonders charakteristische Momente an. Es wurden 2974 Wohnungen mit 7675 Bewohnern gezählt, welche nur aus unheizbaren Räumen bestanden. 102 ‰ der Wohnungen bestanden aus nur einem bewohnbaren Raum, 324 ‰, also nahezu ein Drittel aller Wohnungen aus zwei Räumen, d. h. in der Regel aus Stube und Küche, 90 ‰ wiesen dazu noch einen unheizbaren Raum auf, und 225 ‰ hatten zwei Stuben und Küche; 743 ‰, also nahezu drei Viertel aller Berliner Wohnungen fällt in die Kategorie der Wohnungen mit einem bis drei Räumen. Besonders lehrreich ist der Abschnitt des Volkszählungsberichts, welcher von den „übervölkerten“ Wohnungen handelt. Als übervölkert wird jede Wohnung angesehen, welche mehr als zwei Bewohner auf ein heizbares und mehr als einen Bewohner auf ein unheizbares Zimmer, bezw. auf die Küche aufweist. In diesem Sinne waren 1885 335 ‰, also mehr als ein Drittel aller Wohnungen übervölkert, und in diesen übervölkerten Wohnungen wohnten 455 ‰, also fast die Hälfte der gesamten Berliner Bevölkerung. In einzelnen Arbeitervierteln stellt sich das Verhältnis natürlich noch viel ungünstiger, so waren in der Luisenstadt östlich vom Kanal 548 ‰ der Wohnungen mit 688 ‰ der Bevölkerung übervölkert. Wohnungen mit mehr als vier Bewohnern auf das heizbare und mehr als zwei auf das unheizbare Zimmer, was bereits einen Zustand sehr hochgradiger Uebervölkerung darstellt, fanden sich noch 75 ‰ mit 122 ‰ der Gesamtbevölkerung, bezw. in der östlichen Luisenstadt 178 ‰ mit 273 ‰ der Bevölkerung.

In einem ganz besonders trüben Lichte erscheinen die Berliner Wohnungsverhältnisse bei der Betrachtung der Zusammensetzung der Haushaltungen, die sich in diesen übervölkerten Wohnungen zusammendrängen. Denn es macht einen wesentlichen Unterschied, ob eine Haushaltung in einer solchen Wohnung aus Mann, Frau und Kindern besteht, oder ob auch noch fremde Personen hinzukommen. Die Zahl der Haushaltungen, welche solche fremde Personen,

Schlafleute, beherbergten, betrug 1885 53787. Die auf einen Haushalt entfallende Zahl der Schlafleute ging bis zu 25, und zwar hatten von 8 Haushaltungen mit 11 und mehr Schlafleuten zwei Haushaltungen deren 13 und je eine deren 11, 12, 16, 17, 20 und 25. Mitunter sind es ganze Familien, welche in Schlafstellen liegen. Sogar in 2298 Haushaltungen, die nur über einen bewohnbaren Raum verfügten, davon 874 mit Kindern, wurden Schlafleute ermittelt. In 358 dieser Fälle war der Haushaltungsvorstand ein Ehepaar (darunter 65 mit 2, 5 mit 3, 2 mit 4 Schlafleuten), in 489 Fällen eine Frau (in 54 mit 2, in 13 mit 3, in je 2 mit 4 und 5, in einem Fall mit 7 Schlafleuten).

Was die Höhe der Wohnungsmieten anlangt, so entnimmt Berthold [7] den Berichten der städtischen Steuerdeputation folgende Angaben: Die Wohnungen der niederen Mietwerte bis 200 M. haben sich stetig vermindert. Im Durchschnitt ist der Mietwert von 1886 bis 1891 von 609 M. auf 666 M. für die Wohnung gestiegen. Während von allen vorhandenen Wohnungen im Jahre 1886 auf die im Preise bis 200 M. Jahresmiete, die ja ausschließlich für die ärmere Bevölkerungsklasse in Betracht kommen, noch 30,2 Proz. entfielen, betrugen sie 1891 nur noch 19,0 Proz.; dafür stieg der Anteil der Wohnungen von 201 bis 250 M. in derselben Zeit von 15,7 auf 19,7 Proz., der von 251 bis 300 M. Miete von 8,6 auf 11,2 Proz. u. s. w. Wie viele Einwohner Berlins auf kleine Wohnungen angewiesen sind, geht nach Berthold u. a. daraus hervor, daß 1889/90 in Stufe 1 und 2 der Klassensteuer (bis 900 M. Einkommen) 318 753 Personen eingeschätzt waren, während in Stufe 3—12 sich nur 162 540 befanden. Von 1 436 233 Einwohnern waren 265 101 steuerfrei, 622 550 gehörten Haushaltungen an, welche in Stufe 1 und 2 der Klassensteuer steuerpflichtig waren. Ueber 60 Proz. aller Einwohner Berlins ist also auf kleine, billige Wohnungen angewiesen. Das Mißverhältnis zwischen dem Bedarf an solchen und den thatsächlich vorhandenen ist also ein sehr großes und drängt unerbittlich auf das Aftervermieten und Schlafgängerhalten hin.

Diesen Ergebnissen der Berliner Wohnungsstatistik seien zum Vergleich die in Wien gewonnenen gegenübergestellt. Hier hat die Volkszählung vom 31. Dezember 1890 den Anlaß zu einer eingehenderen Untersuchung der Wohnungsverhältnisse gegeben [8].

In Wien entfielen im Jahre 1890 auf 1 ha der Gesamtfläche 76,61 Bewohner. Das erscheint als ein außerordentlich günstiges Verhältnis, wenn wir die entsprechende Zahl für Berlin dagegenhalten, die um dieselbe Zeit 249 betrug. Dabei ist aber zu beachten, daß es sich um das durch die Eingemeindung der Außengebiete gebildete Groß-Wien handelt. Aber auch wenn das ehemalige Gemeindegebiet für sich betrachtet wird, bleibt immer noch die verhältnismäßig günstige Zahl von 151,50 bestehen, die allerdings bei der Einzelbetrachtung der dichter bewohnten inneren Stadtteile sehr erheblich, bis auf 479,19 im VII. Bezirk (Neubau) steigt. Während in Berlin im Jahre 1890 auf einen Einwohner nur 40,87 qm Bodenfläche entfielen, betrug diese Zahl für das gesamte Wien 130,54 qm, für die älteren Gemeindegebiete immer noch 66,01 qm, andererseits in dem am dichtesten bewohnten VII. Bezirk 20,87 qm. Einen zutreffenden Maßstab für die Beurteilung der Dichtigkeit der Bevölkerung gewährt indessen erst die Vergleichung der Bewohnerzahl mit der auf Häuser und Hofräume entfallenden, also mit der wirklich überbauten Fläche. Dabei entfallen auf 1 ha Fläche 650,93 Bewohner (im ehemaligen Gemeindegebiet 670,22, im neu hinzugekom-

menen Gebiet 621,67), gegenüber 745 in Berlin. Die größte Bevölkerungsdichtigkeit in diesem Sinne — 1096,63 und 1089,25 Bewohner auf 1 ha — findet sich gerade in einigen der neu hinzugekommenen Bezirke Fünfhaus (XV) und Ottakring (XVI). In einzelnen Innenbezirken von Wien hat diese Bevölkerungsdichtigkeit gegen früher abgenommen, weil zahlreiche alte, dichtbewohnte Gebäude eleganten Wohnhäusern Platz gemacht haben.

Auch hinsichtlich der Behausungsziffer nimmt Wien eine erheblich günstigere Stellung ein als Berlin. Während in Berlin 1890 72,9 Bewohner auf ein bewohntes Grundstück entfielen, beträgt diese Zahl für Wien 48,02, und nur in einem einzigen Bezirk (XV) wird die Berliner Behausungsziffer erreicht. Von den zehn Bezirken, welche das ehemalige Gemeindegebiet bilden, weisen seit 1880 nur vier eine Zunahme, die übrigen sechs eine Abnahme der Höhe der Behausungsziffer auf, während in Berlin diese Ziffer im stetigen Wachsen begriffen ist

Was die Zahl der Wohnungen anlangt, die auf ein bewohntes Gebäude entfallen, so überwiegen in den älteren Stadtteilen die Häuser mit 6—10, 11—20 und 21—30 Wohnungen; von 100 Gebäuden kommen auf diese drei Kategorieen 21,35, 36,64 und 12,78 = 70,77. Während in den neu eingemeindeten Gebieten die Gebäude mit nur einer bezw. zwei Wohnungen noch den erheblichen Anteil von 21,94 Proz. und 12,07 Proz. aufweisen, finden wir hier andererseits auch bereits die Häuser mit 6 — 10 (15,79 Proz.) und 10 — 20 Wohnungen (21,10 Proz.) ziemlich stark vertreten. Gebäude mit mehr als 100 Wohnungen finden sich in ganz Wien nur zehn, darunter mehrere Stiftungshäuser. Im gesamten erweiterten Gebiet der Stadt sind noch 57,21 Proz. der Häuser solche mit 1—10 Wohnungen.

Der Zahl der Wohnräume nach bestanden von 100 Wohnungen aus Wohnräumen:

	1	2	3—5	6—10	11—20	über 20
insgesamt	7,76	35,34	46,62	8,71	1.15	0.16
im alten Stadtgebiet	5,09	27,39	53,61	11.88	1,58	0.22
im neuen Stadtgebiet	11,65	46,94	36,41	4,09	0.52	0.07

In einzelnen, besonders von Arbeitern bewohnten Bezirken wächst das Prozentverhältnis der ein- und zweiräumigen Wohnungen erheblich an, so in Favoriten (X) auf 70,16 Proz. aller Wohnungen. Die Belegziffer der Wohnungen beträgt für das gesamte Stadtgebiet 4,68 und ist in den Außenbezirken (4,54) etwas niedriger als in dem alten Stadtgebiet (4,77). Das Maximum der Belegziffer (6,35) weisen die in den neu zugewachsenen Bezirken im fünften Stockwerk belegenen Wohnungen auf. Die Belegziffer wächst ziemlich gleichmäßig mit der Größe der Wohnungen.

Der Begriff der Uebervölkerung ist hier auf diejenigen Wohnungen angewandt, in welchen auf einen Wohnraum durchschnittlich vier oder mehr Bewohner entfallen. Solcher übervölkerter Wohnungen giebt es in Wien 12 435 mit 90 331 Bewohnern. Von sämtlichen vorhandenen Wohnungen sind das 4,34 Proz. Dieselben sind in den Außenbezirken häufiger (6,51 Proz.) als in den älteren Stadtteilen (2,88 Proz.). Vor allen Dingen sind es die Keller- und Dachwohnungen, die, wie auch in Berlin, das Hauptkontingent zu den übervölkerten Wohnungen stellen. Von der Gesamtzahl der Bevölkerung wohnen 6,73 Proz., in fünf Be-

zirken (Favoriten, Simmering, Meidling, Ottakring und Hernals) mehr als 10 Proz. der Bewohner in übervölkerten Wohnungen.

Den durch die amtliche Statistik festgestellten Wohnungsmißständen der Millionenstädte kommen die Zustände in einer Reihe deutscher Großstädte, wie andeutungsweise schon aus den oben wiedergegebenen vergleichenden Zahlen hervorgeht, zum Teil recht nahe. Es ist nicht möglich, hier auf weitere Einzelheiten einzugehen. Wir verweisen dieserhalb auf die bei Neefe (a. a. O.) zusammengestellte Litteratur. Auch die oben citierte und für die Methodologie so überaus wichtige amtliche Baseler Enquete hat höchst interessante Ergebnisse zu Tage gefördert. Im großen und ganzen stellen sich danach indessen die Wohnungsverhältnisse in Basel als relativ günstige heraus. Wenn wir aus diesem Grunde im allgemeinen auf ein näheres Eingehen auf die Resultate dieser Erhebung verzichten, seien doch einige Punkte besonders herausgehoben, bezüglich deren die Baseler Enquete Aufschlüsse giebt, die wir sonst in der amtlichen Statistik vergebens suchen. Es sind dies wesentlich Thatsachen, die sich auf die Art der Benutzung der Wohnungen beziehen.

Je kleiner die Wohnungen sind, um so mehr müssen die Zimmer verschiedenartigen Zwecken dienen. Wichtig vom sanitären Standpunkt aus ist insbesondere zu wissen, wieweit der vorhandene Wohnraum ausschließlich oder nebenbei zum Schlafen benutzt wird. Die Baseler Erhebung hat nun ergeben, daß im Durchschnitt fast drei Viertel aller Zimmer als Schlafzimmer Verwendung fanden. Das bedeutet, daß, wenn auch der Mann den Tag über auswärts arbeitet, Frau und Kinder in der durch die Benutzung während der Nacht verunreinigten, mit dem Staub des Bettmachens erfüllten Luft sich aufhalten müssen. Die letztere wird schon durch den Aufenthalt von Menschen, dann durch Kochen, Waschen oder doch durch die Einnahme der Mahlzeiten in demselben Raum nicht verbessert. An Lüften ist während des Winters, zumal wenn kleine Kinder vorhanden sind, nicht zu denken, und so macht der Tagesgebrauch die Wohnung für die Nacht und der Nachtgebrauch für den Tag ungesund.

Ferner zeigte sich eine erhebliche Differenz zwischen der Zahl der Wohnungen und derjenigen der Küchen. Ist es schon sozialpolitisch als ein großer Uebelstand zu bezeichnen, wenn mehrere Familien auf eine gemeinschaftliche Küche angewiesen sind, so wachsen vom hygienischen Standpunkte aus die Bedenken gegenüber der Thatsache, daß das Fehlen eines besonderen Kochraumes die Zwangslage schafft, die Luft der Wohnräume mit dem Dunst der Speisen, dem Spülwasser, den aus dem Abfallrohr des Wasserausgusses entweichenden Gasen verunreinigen zu müssen.

Vor allem aber sind es die mit der Erhebung verbundenen Maßaufnahmen, welche bei der Baseler Enquete zum erstenmal eine Reihe bedeutsamer Thatsachen festgestellt haben, welche die heutigen Wohnungszustände in einem höchst trüben Lichte erscheinen lassen. In den eigentlichen Stadtquartieren blieb mehr als die Hälfte aller Wohnungen hinter dem durch die geltende Bauordnung vorgeschriebenen Mindestmaß von 2,50 m Zimmerhöhe zurück, in keinem Quartier sinkt dieser Anteil bis auf ein Viertel. Die Verhältniszahl der niedrigen Zimmer nimmt mit der Entfernung vom Erdgeschoß zu und betrifft vorwiegend die ohnehin ungünstige Raumverhältnisse bietenden Keller- und Mansardenwohnungen. Nimmt man als Mindestwohnraum einen Luftraum von

20 cbm und als Mindestschlafraum einen solchen von 10 cbm auf den Kopf an, eine gewiß nicht übertriebene Forderung, so boten über ein Drittel der untersuchten Wohnungen ihren Inhabern nicht den Mindestwohnraum, und mehr als der zwanzigste Teil nicht einmal den Mindestschlafraum. Die Wohnungen mit ungenügendem Wohnraum nehmen, wie von vornherein zu vermuten, ab mit der Anzahl der Zimmer, die auf eine Wohnung kommen. Aber selbst bei Wohnungen mit zehn oder mehr Zimmern fanden sich immer noch solche, welche ihren Bewohnern den Mindestwohnraum nicht mehr boten.

Es fällt nicht schwer, sich die Konsequenzen dieser Thatsachen auszumalen. „Besonders übel liegen die Verhältnisse bei kinderreichen Familien, wo der größte Teil der Stuben mit Bettwerk ausgefüllt ist und oft zwei oder gar drei Personen in einem Bette schlafen. Wenn hier auch rechnungsmäßig 5 oder 6 oder noch mehr cbm Zimmerraum auf den Kopf herausgebracht werden können, so sind doch nur etwa zwei Drittel dieses Raumes Luft. Und welche Luft! Erfüllt mit den Atmungsprodukten so vieler Menschen, der Ausdünstung verunreinigten Kinderbettwerks, niemals vollständig erneuert, treibt sie den Eintretenden schon an der Thüre zurück. Ueber 1400 Zimmer, in welchen Menschen schlafen, haben indirekte Beleuchtung. Eine große Zahl anderer geht in den älteren Stadtteilen auf einen kleinen Hof oder einen schmalen Zwischenraum zwischen zwei Häusermauern. Das Fenster wäre schon groß genug; aber es wird nie von einem Sonnenstrahl getroffen. Was es an Luft einläßt, ist mit den Miasmen, welche von dem ewig feuchten Höfchen aufsteigen, erfüllt. Viele dieser Hinterzimmer können nie durchlüftet werden, da die Thür nicht dem Fenster gegenüber, sondern in der Nähe desselben, an der Seite angebracht ist." (Bücher.)

Nehmen wir hinzu, was der Bericht über gesundheitswidrige bauliche Zustände, über Wasserbezug, Ableitung des Küchenwassers, Abtrittsverhältnisse mitteilt, und ziehen wir in Rechnung, daß in fast allen Punkten, in denen die Ergebnisse der Baseler Erhebung mit den Verhältnissen in anderen, größeren Städten vergleichbar sind, der Vergleich zu Ungunsten der letzteren ausfällt, so sind die Schlußfolgerungen, welche wir hieraus zu ziehen wohl berechtigt sind, in der That der bedauerlichsten Art. Wir werden finden, daß die Ergebnisse privater Untersuchungen, die an einzelnen Orten vorgenommen sind, diese Thatsache vollauf bestätigen.

Einige weitere amtliche Erhebungen, die kürzlich im Auftrage des herzoglichen Staatsministeriums im Herzogtum Braunschweig[9] und der königlichen Bergbehörde im Oberbergamtsbezirk Halle[10] ausgeführt sind, erwähnen wir hier nur der Vollständigkeit wegen. Dieselben beschränken sich auf die Untersuchung der Wohnungsverhältnisse gewisser Kategorien industrieller bezw. bergmännischer Arbeiter mit vorwiegender Berücksichtigung der Fürsorge der Arbeitgeber für ihre Arbeiter. Im Anschluß an die letztgenannte Enquete sei hier gleich einer zweiten, vollständig entsprechenden gedacht, die allerdings schon in die Kategorie der Privatenqueten gehört. Dieselbe bezieht sich auf die Arbeiterwohnungsverhältnisse im oberschlesischen Industriebezirk[11] und ist im Auftrage der „Arbeiterwohlfahrtskommission" des Oberschlesischen berg- und hüttenmännischen Vereins ausgeführt.

B. Private Erhebungen. Neben der amtlichen Statistik besitzen wir die breiteste Basis für die Beurteilung der Wohnungsver-

hältnisse in den großen Städten in der im Jahre 1886 veröffentlichten, umfassenden Enquete des Vereins für Sozialpolitik[12]. Der Bericht über dieselbe umfaßt außer einer Reihe von Abschnitten, welche über die Frage im allgemeinen orientieren, und einer vergleichenden Wohnungsstatistik der deutschen Großstädte von Neefe, welche in Bezug auf die Wohnungsfrage die Vorläuferin des von diesem Verfasser herausgegebenen „Statistischen Jahrbuches deutscher Städte" darstellt, grundlegende Mitteilungen über den damaligen Stand der Wohnungsfrage in Berlin, Breslau, Leipzig, Hamburg, Osnabrück, Bochum, Dortmund, Crefeld, Essen, Elberfeld, Frankfurt a. M. und Straßburg i. E. Ausführliche Abhandlungen über die Arbeiterwohnungsfrage in England und Frankreich vervollständigen das wertvolle Quellenwerk.

Die Einzelberichte stützen sich zum Teil auf das in den statistischen Aemtern der betreffenden Städte vorhandene amtliche Material. Die meisten gehen indessen weit über diesen Rahmen hinaus und bringen ein reiches, durch eigene Anschauung der Berichterstatter gewonnenes Thatsachenmaterial. Mag auch hier und da in den Berichten eine gewisse subjektive Färbung in den Vordergrund treten, im großen und ganzen geben sie ein klares Bild von den Wohnungszuständen in den großen und mittleren deutschen Städten, und dieses läßt sich dahin zusammenfassen, „daß in den Großstädten für die unbemittelten Volksklassen eine ständige Wohnungsnot vorhanden ist, hervorgerufen oft und regelmäßig durch den Mangel an einer genügenden Zahl kleiner Wohnungen, immer aber durch die unverhältnismäßige Höhe der Mietpreise für gesunde kleinere Wohnungen und den dadurch bedingten Rückgriff auf ungesunde Lokalitäten und durch die hiervon abhängige Ueberfüllung der kleineren Wohnungen." Dieses auf der Frankfurter Versammlung des Vereins für Sozialpolitik im Jahre 1886 von dem damaligen Referenten Miquel aus den Berichten gezogene Résumé dürfte auch heute noch den Thatsachen entsprechen.

Es ist natürlich ausgeschlossen, hier auf Einzelheiten der beinahe 600 Druckseiten füllenden Berichte einzugehen. Wir beschränken uns daher auf den Hinweis auf das Quellenwerk und fügen zur Ergänzung der darin enthaltenen Thatsachen nur noch einige Ergebnisse neuerer Untersuchungen an, die ebenfalls privater Initiative ihre Anregung verdanken. Für die Beurteilung der Berliner Wohnungsverhältnisse von maßgebender Bedeutung scheint uns eine Erhebung zu sein, die zwar ihrem Umfange nach erheblich hinter der Baseler Enquête zurückbleibt, derselben aber, was die Methode anlangt, ziemlich nahe kommt. Dieselbe wurde im Februar 1893 von der von dem sozialdemokratischen Stadtverordneten Dr. med. Zadek geleiteten Berliner Arbeitersanitätskommission veranstaltet. Wenn sich die Untersuchung auch nur auf eine Straße erstreckt, so liefert sie doch brauchbares Material für die allgemeine Schlußfolgerung, weil die gewählte Straße, die Sorauer Straße, eine der besseren, nach neuer Bauordnung gebauten Straßen im Südosten der Stadt, als typisch für die Berliner Arbeiterviertel angesehen werden kann. Bei der durchaus schablonenhaften Berliner Bauweise ist die eine dieser Straßen fast genau wie die andere, und jedenfalls ist die gewählte Straße noch keine von den schlechtesten. Aus den von A. Braun[13] mitgeteilten Ergebnissen der Erhebung sei folgendes hervorgehoben.

Die Mehrzahl der Häuser der Sorauer Straße mit insgesamt 805 Wohnungen, von denen 22 nicht untersucht werden konnten, sind etwa

zwanzig Jahre alt; kaum eins steht länger, einige kürzere Zeit. Die Straße hat eine Breite von 18 m; Straße, Höfe und bebauter Grund bedecken 17 775 qm, also etwas über 1,75 ha. Auf der einen Seite haben die meisten Vorderhäuser eine Tiefe von 14,20, auf der anderen von 11,20 m, die Höfe der einen Seite sind 9,10, die der anderen 14,50 m, die Hinterhäuser der einen Seite 6,50, die der anderen 5,50 m tief. Bei der Verteilung der Räume auf die Wohnungen ergiebt sich der für Berlin charakteristische Unterschied zwischen Vorder- und Hinterhäusern. Wohnungen mit mehr als zwei zu Wohnzwecken benutzten Räumen finden sich in der ganzen Straße in keinem Seitenflügel, in keinem Quergebäude und in keinem vierten und fünften Stockwerk der Vorderhäuser. Aber auch von den Wohnungen der Vorderhäuser hatten nicht ganz 10 Proz. drei oder mehr Räume, und von diesen bestanden wieder mehr als zwei Drittel nur aus drei Räumen. Was die Dichtigkeit der Belegung der einzelnen Wohnungen anlangt, so kamen mehr als zwei Personen auf ein Zimmer in fast der Hälfte der einzimmerigen Wohnungen (in 28 von 58), in vier einzimmerigen Wohnungen wohnten je 5 Personen. In den 657 zweizimmerigen Wohnungen waren 301 von mehr als je 4 Personen, und zwar 212 von je 5–6, 76 von je 7—8, 12 von je 9—10, eine sogar von 11 Personen bewohnt. Von den untersuchten Wohnungen beherbergten drei Zehntel Schlafgänger, und in mehr als einem Fünftel derselben lag das ungünstige Verhältnis vor, daß Familien mit Kindern Schlafgänger hielten. In 13 Fällen fanden sich männliche und weibliche Schlafgänger in einer Wohnung; in 10 Fällen war dies der Fall in Familien mit Kindern.

Die Untersuchungen über den Luftraum der Wohnungen ergaben, daß nicht weniger als 42,75 Proz. der Bevölkerung der untersuchten Häuser weniger als 20 cbm Luftraum zur Verfügung hatten. Wird der Luftraum der zum Schlafen benutzten Räume gesondert betrachtet, so ergiebt sich ein noch weit ungünstigeres Verhältnis. Zu diesen unzulänglichen Raumverhältnissen steht die Höhe der Mieten in einem schreienden Gegensatz. Für eine Küche ohne Zimmer wurden bis 175 M. bezahlt; drei Siebentel der nur aus einer Küche bestehenden Wohnungen kosten über 150 M. Zimmer ohne Küche kosteten 200 M., die Mehrzahl um 150 M. Die überwiegende Mehrzahl der zweiräumigen Wohnungen kostete über 200 M., die meisten hatten eine Preislage von 225—250 M., eine beträchtliche Anzahl ging aber noch über 250 M. hinaus. Der Preis der dreiräumigen Wohnungen liegt zumeist zwischen 300 und 400 M.

Zwei Fünftel sämtlicher, und vier Fünftel der im Keller gelegenen Wohnungen gaben zu besonderen Klagen hinsichtlich ihrer Beschaffenheit Anlaß. Durchweg unbefriedigend erwiesen sich die Abortverhältnisse. In kaum drei Viertel der Wohnungen kamen weniger als 10 Personen auf einen Abort, bei fast 8 Proz. der Wohnungen kamen 11, bei etwa 6,5 Proz. 15, bei fast 6 Proz. 21, und bei den übrigen 35 bis 40 Personen im Durchschnitt auf einen Abort.

Eine bemerkenswerte Ergänzung der vorstehend behandelten Berliner Statistik bildet eine Privatenquete, deren Ergebnisse Heinrich Freese[14], der bekannte Berliner Industrielle, vor kurzem veröffentlicht hat. Dieselbe wirft ganz besonders grelle Schlaglichter auf die Berliner Wohnungsverhältnisse, weil sie zeigt, wie selbst der best situierte Berliner Arbeiter in Bezug auf die Befriedigung seines Wohnbedürfnisses den allertraurigsten Bedingungen unterliegt. Das Alter des

Unternehmens, die langjährige Beschäftigung der meisten Arbeiter an derselben Stelle*) geben den Freese'schen Arbeitern eine nach jeder Richtung bevorzugte Stellung unter den Berliner Arbeitern, was sich namentlich auch in folgender Zusammenstellung der Lohnverhältnisse der Personen ausspricht, auf die sich die Enquete bezieht. Im Durchschnitt stellte sich der Verdienst der in Frage kommenden Personen im Jahre 1892 für

6 weibliche Arbeiter jährlich auf	738,87 M.
8 ledige männliche Arbeiter jährlich auf	934,02 „
31 verheiratete Arbeiter jährlich auf	1332,67 „

In Gruppen nach dem Jahreseinkommen geordnet sind vorhanden:

2	Arbeiter	mit	Einkommen	unter	600 M.
7	„	„	„	von	600—800 „
6	„	„	„	„	800—1000 „
6	„	„	„	„	1000—1200 „
16	„	„	„	„	1200—1500 „
8	„	„	„	über	1500 „

Es haben also von 45 Fabrikmitgliedern nur ein Drittel ein Einkommen unter 1000 M., dagegen mehr als die Hälfte ein solches von mehr als 1200 M. Reichlich ein Sechstel hat mehr als 1500 M. Einkommen. Diese Einkommen sind gesichert durch ununterbrochene, auch während der toten Saison fabrikseitig gewährte Arbeit.

Hören wir nun, was der Verfasser über die Wohnungsverhältnisse dieser Arbeiter berichtet**). Als leidlich befriedigend können die Wohnungsverhältnisse der unverheirateten Arbeiter angesehen werden, wenigstens soweit es den Mietsaufwand betrifft. Von den befragten ledigen Arbeitern zahlen drei für die Hälfte eines Zimmers jährlich 72 M., einer 96 M. Einer zahlt für $^1/_3$ Zimmer 72 M. Drei haben sich den Luxus eines eigenen Zimmers gestattet, wofür einer 120 M., einer 132 M., einer 180 M. Miete zahlt. Von den Arbeiterinnen zahlt eine für $^1/_2$ Zimmer 60 M., eine 84 M., eine 96 M., eine für den dritten Teil eines Zimmers 48 M. jährlich. Eine einzige ist sogar so glücklich gewesen, im vierten Stock nach hinten für 60 M. ein Zimmer für sich allein zu erhalten. Nach Prozenten von dem fabrikmäßig gestellten Einkommen berechnet, stellt sich die Wohnungsmiete für ledige Arbeiter auf 7,75 bis 13,98 Proz. und im Durchschnitt auf 10,98 Proz., für ledige Arbeiterinnen von 7,72 bis 14,10 Proz., im Durchschnitt auf 10,26 Proz. des Einkommens.

Wesentlich anders ist das Bild, das die Wohnungsverhältnisse der verheirateten Arbeiter bieten. Von den befragten 31 Familien sind nur 2 kinderlos, 4 Familien haben ein Kind, 7 zwei, 6 drei, 4 vier, 5 fünf, 3 sechs Kinder; die Durchschnittsziffer beträgt für die Familien etwas mehr als fünf Köpfe. — Eine Familie wohnt im Keller vorn, eine von 8 Köpfen im Keller nach dem Hofe; 13 Familien wohnen im 1. und 2. Stockwerk, davon 7 nach dem Hofe, 16 Familien wohnen 3 und 4 Treppen, davon die Hälfte nach dem Hofe. Die Preise für 12 aus Stube und Küche bestehende Wohnungen stellen sich von 180 M. für eine vorstädtische Dachwohnung bis 310 M. für eine Wohnung im

*) 15 der in Frage kommenden Arbeiter sind länger als 5 Jahre, 10 länger als 10 Jahre, einer länger als 20 Jahre in der Fabrik beschäftigt.

**) Es handelt sich nur um solche Arbeiter, die mindestens ein ganzes Jahr ununterbrochen bei dem Unternehmen in Arbeit standen.

2. Stock nach hinten. Der Durchschnittspreis stellt sich auf 243,41 M. bei durchschnittlich 5,58 Bewohnern. Die etwas größeren, aus Stube, Kammer und Küche bestehenden 17 Wohnungen kosten 240—450 M. Der Durchschnitt beträgt 304,76 M. bei durchschnittlich 4,94 Bewohnern. Während bei den eine Stube und Küche enthaltenden Wohnungen nur einmal Aftervermietung stattfand, ist solche bei den aus Stube, Kammer und Küche bestehenden 17 Wohnungen neunmal zu verzeichnen, Beweis genug, daß für die überwiegende Zahl der in Betracht kommenden Personen die nur aus einer Stube und Küche bestehende Wohnung die Grenze ihrer pekuniären Leistungsfähigkeit bedeutet. Von den übrigen beiden Wohnungen hat die eine vier Räume, von denen zwei vermietet sind, die andere, von einem kinderlosen Ehepaar bewohnte, enthält nur einen Raum.

Von den drei Räumen des oben erwähnten, von 8 Personen bewohnten Kellers ist noch ein Zimmer vermietet; 8 Personen leben in Küche und Kammer. Außer diesen Familien haben noch neun von ihren beiden Stuben eine vermietet, sodaß für die Eltern und bis zu 6 Kindern nur eine Stube und die Küche übrig bleiben. Die meisten haben das abgegebene Zimmer an eine Person vermietet, in einem Falle teilen sich zwei, in einem drei gegenseitig fremde Personen in das abvermietete Zimmer. Die Zahl der in diesen kleinen Wohnungen zusammengepferchten Personen steigt dadurch einmal auf 9, einmal auf 10. In dem letztgenannten Falle lebt eine Familie von 8 Köpfen mit 2 Fremden in einer Wohnung im Hinterhause 3 Treppen, die aus einer Stube und Küche besteht! Die Stube ist an 2 Aftermieter vermietet, in der Küche leben Mann, Frau und 6 Kinder im Alter von $^1/_4$ bis 8 Jahren.

Nimmt man den Durchschnitt der 31 aufgenommenen Familienwohnungen, so ergiebt sich bei Gegenüberstellung des fabrikseitig ermittelten Einkommens ohne Berücksichtigung der Einnahme durch Aftervermietung eine Belastung von 11,82 bis 46,01 Proz. und durchschnittlich 21,83 Proz. des Einkommens, nach Abzug der Aftermieten von 11,82 bis 28,40 Proz., und im Durchschnitt 18,07 Proz. des Einkommens. Die Belastung selbst wirkt progressiv nach unten, wenigstens bei den verheirateten Arbeitern, bei denen ein gewisser Raumbedarf sich unabweislich geltend macht. So ist die durchschnittliche Mietslast aller verheirateten Arbeiter 18,07 Proz. vom Einkommen. Bei den Bessergestellten mit höherem als Durchschnittseinkommen beträgt sie aber nur 17,18 Proz., bei den übrigen 18,86 Proz. Bei den sechs kleinsten Einkommen unter 1000 M. steigt sie auf 20,89 Proz. und bei starker Familie, wenn nicht vermietet ist, bis auf 27,08 Proz.

Eine kleine Schrift, welche die Centralstelle für Arbeiterwohlfahrtseinrichtungen[15] diesem beschreibenden Teil der Wohnungsfrage gewidmet hat, verfolgt mehr agitatorische Zwecke, als daß sie Material beibringen wollte, welches weitgehende Schlußfolgerungen zuließe. Es handelt sich nicht um eine methodische Enquete, vielmehr wurden mit Hilfe von Personen, welche in Ausübung ihres Berufes oder im Dienste gemeinnütziger Bestrebungen gelegentlich in die Wohnungen der kleinen Leute gelangen, solche Wohnungen ermittelt, in denen besonders eklatante Mißstände zu Tage treten. Die durch Autopsie kontrollierten thatsächlichen Verhältnisse sind von verschiedenen Bearbeitern geschildert. Rückschlüsse auf die Berliner Verhältnisse im allgemeinen können aus den wenigen Beispielen, die ausgesucht schlechte

Wohnungen betreffen, nicht gezogen werden, wenn schon das, was wir durch die vorhergenannten Untersuchungen wissen, zu der Annahme berechtigt, daß es sich nicht um Ausnahmeerscheinungen handelt, die hier in ihrer ganzen Kraßheit zu Tage treten.

Die Wohnungsverhältnisse der Nürnberger Arbeiterbevölkerung behandelt H. Heß[16] in einer Broschüre, welche die Ergebnisse einer Fragebogen-Enquete zusammenfaßt, die durch die Mithilfe der Lokalpresse und der Vorstände von Arbeitervereinen verschiedener politischer Richtung zustande gekommen ist. Die untersuchten Wohnungen sind hauptsächlich solche, deren Bodenfläche einschließlich Küche zwischen 20 und 50 qm umfaßt. Die kleinsten Wohnungen mit weniger als 20 qm Flächenraum konnten, trotz der Häufigkeit ihres Vorkommens, nur in geringer Anzahl in die Untersuchung einbezogen werden. Der Verf. führt dies darauf zurück, daß die Insassen zum Teil durch ihre Abhängigkeit von dem Hausherrn, zum Teil durch einen gewissen, durch Not und Elend herbeigeführten Stumpfsinn abgehalten wurden, die Fragebogen zu beantworten. Die meisten der untersuchten Wohnungen sind dreiräumig und vierräumig. Dieselben liegen zum größten Teil im zweiten und dritten Stockwerk; darunter sind fast die Hälfte Dachwohnungen. Die im vierten Stock liegenden sind sämtlich Mansarden- und Erkerwohnungen. Kellerwohnungen sind in Nürnberg selten. Die Anzahl der Bewohner beträgt im Gesamtdurchschnitt 4,8 auf die Wohnung. Die Kopfquote an Luftraum wächst mit der Größe der Wohnungen und beträgt für die Gruppe der kleinsten Wohnungen mit weniger als 20 qm Flächenraum nur 12,4 cbm, ein Maß, das weit unter dem hygienisch Zulässigen liegt. Die mittlere Höhe der Räume ist um so geringer, je kleiner die Wohnungen sind. Der Mietpreis der Wohnungen, auf den Quadratmeter Bodenfläche und den Kubikmeter Luftraum berechnet, erhöht sich mit dem Kleinerwerden der Wohnungen. Während der durchschnittliche Mietpreis der Wohnungen mit weniger Grundfläche als 20 qm 127 M. beträgt und allmählich bis 273 M. für die Wohnungen mit über 60 qm Flächenraum ansteigt, wächst er, auf das Quadratmeter Bodenfläche berechnet, umgekehrt von 3,93 M. bei den größeren bis 7,27 M. bei den kleineren Wohnungen. Welcher Wucher gerade mit den kleinsten Wohnungen getrieben wird, geht daraus hervor, daß bei einzelnen der kleinsten Wohnungen sich der Mietpreis auf 11—12 M. pro qm Grundfläche stellt und daß unter den 29 Wohnungen der ersten Gruppe (unter 20 qm Flächenraum) nur bei einer der Mietpreis unter 5 M. herabgeht.

In gleicher Weise werden die sanitären Verhältnisse schlechter, je kleiner die Wohnungen sind. Verf. bezeichnet als schlechte Wohnungen diejenigen, welche feucht, dunkel, zu niedrig (unter 2,3 m), überfüllt (weniger als 12 cbm Wohn- und Schlafraum auf den Kopf) gefunden wurden. Von den kleinsten Wohnungen waren in diesem Sinne 83 Proz., von den größten nur 31 Proz. als schlecht zu bebezeichnen. 27 Proz. aller untersuchten Wohnungen waren selbst bei scheidenen Anforderungen direkt als unzulässig zu bezeichnen und würden eigentlich ohne weiteres polizeilich zu schließen sein. Auch in dieser Hinsicht fällt die Prozentzahl der betreffenden Wohnungen mit zunehmender Größe von 66 auf 13. In der Gruppe, welche die kleinsten Wohnungen umfaßt, kommen im Durchschnitt 4,6 Mietparteien auf einen Abort; diese Zahl fällt mit der zunehmenden Größe der Woh-

nungen auf 2,4. In einzelnen Fällen hatten mehrere Häuser nur einen gemeinsamen Abort.

Auch Wörishoffer[17] hat in einer bekannten Untersuchung über die soziale Lage der Mannheimer Fabrikarbeiter der Wohnungsfrage ein Kapitel gewidmet. Er hat seine Ergebnisse durch die Besichtigung einer grösseren Anzahl von Arbeiterwohnungen in Mannheim und den nächstgelegenen Ortschaften gewonnen und giebt daher weniger eine umfassende statistische Betrachtung, als vielmehr Schlußfolgerungen, die er aus der Einzelbeobachtung abstrahiert. Wir bekommen auch hier den Eindruck, daß die von privaten Vermietern bereitgestellten Arbeiterwohnungen — da, wo die Arbeitgeber für ihre Leute durch Erbauung von Wohnungen sorgen, ist das Bild ein entschieden günstigeres — schlecht und vor allem so teuer sind, daß selbst bessergestellte Arbeiter sich mit Wohnungen begnügen müssen, durch welche ihre Lebenshaltung zu einer proletarischen herabgedrückt wird.

Daß die Wohnungsverhältnisse hier und da auch in kleineren Städten recht traurige sind, weist Wever[18] in einer kleinen Spezialuntersuchung nach, die sich mit den Arbeiterwohnungen in Göttingen beschäftigt und Einzelheiten zur Kenntnis bringt, welche den traurigen Zuständen in den Großstädten wenig nachgeben.

Wenn wir aus den vorstehend mitgeteilten Thatsachen kurz das Résumé ziehen, so ergiebt sich, daß trotz der großen Lücken, welche unsere heutige Wohnungsstatistik noch aufweist, immerhin gewisse Schlußfolgerungen aus derselben abgeleitet werden können. Namentlich erscheint dies für diejenigen Städte möglich, wo die amtliche Statistik durch die Privatenquête ergänzt wird. Hier ergiebt sich die zweifellos und von allen Sozialpolitikern anerkannte Thatsache, daß für die gering bemittelten Klassen — also in erster Linie für die Arbeiter, nicht minder aber für weite Kreise des Handwerkerstandes bis hinauf zu den kleineren Beamten und den Angehörigen des Mittelstandes — ein Wohnungsnotstand besteht, der für manche Orte eine so akute Gestalt annimmt, daß die dringende Forderung nach Abhilfe, die seit Jahren immer wieder erhoben wird, vollauf berechtigt erscheint.

Um für die administrativen und gesetzlichen Maßnahmen, die unseres Erachtens allein imstande sind, eine radikale Beseitigung des Notstandes herbeizuführen, eine exakte Grundlage zu gewinnen, müssen wir indessen in erster Linie eine Erweiterung und Vertiefung der durchweg noch mangelhaften Wohnungsstatistik befürworten. In welcher Richtung sich die Reform auf diesem Gebiete zu bewegen hat, ist durch die vorausgehende Darstellung hinreichend gekennzeichnet.

1) **K. Bücher**, *Die Wohnungsenquête in der Stadt Basel vom* 1. — 19. *Februar* 1889 *Basel* 1891.
2) **M. Neefe**, *Statistisches Jahrbuch deutscher Städte*, *I.—III. Jahrg.*, *Breslau* 1890, 1892 *und* 1893; *vergl. daselbst auch die Angaben über die umfangreiche Einzellitteratur, die wir hier nicht berücksichtigen können.*
3) *Census of England and Wales* (1891), *Vol. IV. General report with summary tables and appendices, presented to both Houses of Parliament by command of Her Majesty*, *London* 1893.
4) *Einstweilige Ergebnisse der Volkszählung vom* 1. *Dezember* 1890 *in der Stadt Berlin, veröffentlicht vom Statistischen Amt der Stadt Berlin* 1891.
5) **R. Böckh**, *Statistisches Jahrbuch der Stadt Berlin*, *Jahrg.* 1889/90, *Berlin* 1893.

6) *Die Bevölkerungs- und Wohnungsaufnahme vom* 1. *Dezember* 1885 *in der Stadt Berlin, im Auftrage der Städtischen Deputation für Statistik bearbeitet von* **R. Böckh**, *II. Aufl. Berlin* 1891.

7) **G. Berthold**, *Die Wohnungsverhältnisse der ärmeren Klassen in Berlin, Allgem. statist. Archiv*, 2. *Jahrg.* 2. *Halb-Bd.*

8) *Die Wohnungsverhältnisse in Wien, Ergebnisse der Volkszählung vom* 31. *Dezember* 1890, *bearbeitet vom Dr.* **Stephan Sedlaczek**, *Magistratsrat und Leiter des statistischen Departements, Wien* 1893.

9) **F. W. R. Zimmermann**, *Die Wohnungsverhältnisse der Arbeiter in den gröſseren gewerblichen Betrieben im Herzogtum Braunschweig, Annalen des Deutschen Reichs* (1893) 721 *und* 925.

10) **O. Taeglichsbeck**, *Die Wohnungsverhältnisse der Berg- und Salinenarbeiter im Oberbergamtsbezirk Halle, nach amtlichen Quellen im Auftrage des Königlichen Oberbergamtes zu Halle a. S. dargestellt, Sond.-Abdr. a. d. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuſs. Staate* 40. *Bd.*

11) **Sattig**, *Ueber die Arbeiterwohnungsverhältnisse im oberschlesischen Industriebezirk, Sond.-Abdr. a. d. Zeitschr. d. Oberschles. Berg- und Hüttenmännischen Vereins* (1892) *Januar-Februar-Heft.*

12) *Die Wohnungsnot der ärmeren Klassen in deutschen Groſsstädten und Vorschläge zu deren Abhilfe, Gutachten und Berichte, herausgegeben im Auftrage des Vereins für Socialpolitik, Schriften des Vereins für Socialpolitik*, 30. *und* 31. *Bd. Leipzig* 1886.

13) *Berliner Wohnungsverhältnisse, Denkschrift der Berliner Arbeiter-Sanitäts-Kommission, bearbeitet im Auftrage derselben von* **Adolf Braun**, *Berlin* 1893.

14) **H. Freese**. *Wohnungsnot und Absatzkrisis, Jahrb. f. Nationalökonomie und Statistik III. Folge* 6. *Bd.*

15) *Untersuchungen über die Wohnungsverhältnisse der ärmeren Bevölkerungsklassen in Berlin, Berlin* 1893.

16) **Hess**, *Die Wohnungsverhältnisse der Nürnberger Arbeiterbevölkerung, Nürnberg* 1893.

17) **F. Wörishoffer**, *Die sociale Lage der Fabrikarbeiter in Mannheim und dessen nächster Umgebung. Karlsruhe* 1891.

18) **F. Wever**, *Die Wohnungsverhältnisse in Göttingen, Göttingen* 1891.

DIE BELEUCHTUNG.

I. PHYSIKALISCHER TEIL.

BEARBEITET

VON

DR. L. WEBER,
O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT IN KIEL.

MIT 18 ABBILDUNGEN IM TEXT.

My

Inhaltsübersicht.

Verzeichnis der Abbildungen.

---

1. Wesen des Lichtes.

Die von der Sonne ausgehenden und unsere Erde treffenden Strahlen bestehen aus transversalen wellenförmigen Oscillationen des Aethers. Dieselben sind objektiv unter sich verschieden durch die Wellenlänge und durch die auf der Schwingungsweite der Aetherteilchen beruhende Intensität. Wahrnehmbar werden die Strahlen durch ihre Wirkung auf das Auge, ihre Wärmewirkung, ihre chemische Wirkung und ihre elektrische Wirkung.

Optische Wirkung kommt für die Empfindung des menschlichen Auges nur denjenigen Strahlen zu, deren Wellenlänge zwischen 0,000760 und 0,000382 mm liegt. Strahlen größerer Wellenlänge werden als ultrarote, solche kleinerer Wellenlänge als ultraviolette bezeichnet. Thermische Wirkung kommt vorzugsweise den ultraroten Strahlen zu, aber in geringerem, nach dem Violett zu mehr und mehr abnehmendem Grade auch den optischen Strahlen.

Die chemische Wirkung fällt je nach der Beschaffenheit des chemischen Reagens in die allerverschiedensten Gebiete der Wellenlängen. Vorzugsweise sind es indessen die ultravioletten Strahlen, welche chemisch wirken, in weniger häufigen Fällen die optischen Strahlen. Elektrische Wirkungen sind vorzugsweise am violetten Ende des Spektrums beobachtet.

Ein und dieselbe durch ihre Wellenlänge gekennzeichnete Strahlenart kann mithin gleichzeitig optisch, thermisch, chemisch und elektrisch wirken. Versperren wir dem Lichte einer bestimmten Wellenlänge durch ein optisch oder thermisch, oder chemisch absorbierendes Medium den Zugang, so schließen wir damit gleichzeitig sämtliche Wirkungen dieser Lichtart aus.

2. Wirkung des Lichtes auf die Gesundheit.

Nur in vereinzelten Fällen, denen sich meist leicht begegnen läßt, sind diese Wirkungen schädlich (Blendung des Auges durch zu viel Licht; Zersetzung von Arzneimitteln durch Licht), überwiegend wirkt das Licht wohlthätig auf unsere Gesundheit.

Ohne Licht wäre kein Leben. Die Pflanze geht unmittelbar durch Lichtmangel zu Grunde. Und wenn auch Tiere und Menschen eine Zeit lang ohne Licht existieren könnten, so ist ihre Ernährung doch in letzter Instanz nicht ohne die Pflanzenwelt möglich. Das Licht mit seinen

warmen, satten Farben wirkt wohlthätig auf die Psyche, „es stimmt uns heiter und freudig, spornt zur Arbeit und regt durch den Wechsel der Sinneseindrücke unseren Stoffwechsel an. Entziehung von Licht macht schläfrig, traurig und gilt als empfindliche Strafe“ (Rubner). Das Auge wird krank bei mangelhaftem Licht.

Das Licht dringt tief in unseren Körper ein — die Haut ist transparent — und wirkt direkt auf die Konstitution unserer Körpersäfte wohlthätig ein. Tiere atmen im Licht mehr CO_2 aus, nehmen mehr O auf.

Nach Fubini vermehrt sich das Gewicht im Dunkeln gehaltener Tiere. Demme fand, daß die Körpertemperatur kleiner Kinder, die im dunklen Zimmer gehalten werden, um 0,5 ° unternormal ist. Der Sehpurpur wird schnell graublaß bei violettem Licht, langsam bei rotem (Kühne). In Polarländern verbreitern sich die Oxyhämoglobinbänder der Einwohner während der Polarnacht. Die Ablagerung von dunklem Farbstoff in dem Rete Malpighi, die Bräunung des Teints und Entstehung von Sommersprossen kann als direkte chemische Wirkung des Lichtes bezeichnet werden.

3. Zerstörung der Bakterien durch Licht.

Das Licht fördert indirekt unsere Gesundheit, indem es die Feinde derselben, die Bakterien, zerstört. Schon Göppert gab an, daß der Hausschwamm nur im Dunklen gedeiht. Durch Untersuchungen von Arloing, Ducleaux, Downes, Blunt und Strauß und R. Koch wurde erwiesen, daß Milzbrandbacillen und Tuberkelbacillen durch Licht getötet werden. Ob diese Wirkung dadurch zustande kommt, daß nach Dandrieu das Licht andere Mikroorganismen erzeugt, welche, die CO_2 reduzierend, durch O-Entwickelung die Bakterien töten, oder dadurch, daß nach Roux der Nährboden der Bakterien vom Lichte chemisch verändert wird, oder endlich nach Geißler durch gleichzeitige Lichtwirkung sowohl auf den Nährboden als direkt auf die Bakterien, ist hier nicht zu erörtern. Arloing hielt es für wahrscheinlich, daß nicht bloß Milzbrandbacillen, sondern auch andere virulente Mikroorganismen durch Licht vernichtet würden. Geißler und ganz neuerdings Buchner führten den Nachweis, daß Typhusbacillen durch Licht getötet werden.

Mit der Vermehrung des Lichtes wächst dessen desinfizierende Kraft. 5 Stunden Beleuchtung durch diffuses Tageslicht im November genügten zur Tötung von Typhusbacillen. Direktes Sonnenlicht zerstörte die Proteusarten nach 1-stündiger Belichtung. Buchner fand auch, daß es wesentlich der hellste Teil des Spektrums, die gelben, grünen, blauen und ein kleiner Teil der violetten Strahlen seien, denen die Wirkung auf die von ihm untersuchten Bakterienarten zuzuschreiben sei. Rotes, ultrarotes und ultraviolettes Licht wirkt nicht. Elektrisches Bogenlicht tötete nach 8-stündiger Einwirkung die in Agarplatten suspendierten Keime. In Malariagegenden gelten die dunkeln Räume als die gefährdetsten. Die Selbstreinigung der Flüsse durch Licht ist nach Buchner als erwiesen anzusehen.

M. Rubner, *Lehrbuch der Hygiene, Leipzig u. Wien* 1890.
Uffelmann, *Handbuch der Hygiene, Leipzig u. Wien* 1890.
Moleschott, *Wien. med. Wochenschr.* (1855) 43; *Molesch. Unters.* (1857) 15.
Fubini u. Ronchi, *Molesch. Unters.* 12. *Bd.*, 1 (1881).
Selmi u. Piacentini, *Rendic. dell' Istit. Lomb.* (1870) 51.

Chassanowitz, *Ueber den Einfl. d. Lichtes u. s. w., Dissert. Königsberg* 1872.
Pflüger u. **von Platen**, *Pflügers Arch.* 11. *Bd.*
Speck, *Arch. f. exper. Pathol.* 12. *Bd.* 1.
Fubini, *Moleschott-Unters.* 12. *Bd.* 10 u. 100.
Engelmann, *Pflügers Arch.* 29. *Bd.* 387 u. 30. *Bd.* 95.
Arloing, *C. R.* (1885) *Févrièr*; *Baumgarten, Jahresber.* (1886) 2. *Bd.* 132.
Duclaux, *Influence de la lum. sur la vitalité des germes de microbes C. R.* (1885).
Downes, *Proc. Roy. Soc. of London* 40. *Bd.* 14.
Strauss, *Rev. scientifique* (1887) 2. *Bd.* 508.
Göppert, *Der Hausschwamm*, 61. *Jahresber. d. Schl. Ges. f. v. K.*
Holmgren, *Upsala läkareförenings Förhandl.* (1884) 19. *Bd.* 190.
Emmert, *Rev. méd. de la Suisse romaine* (1882) 8.
Deutschmann, *Gräfe's Arch.* 28. *Bd.* 241.
Dandrieu, *Influence de la lumière dans la destruction des bactéries etc., Ann. d'hygiène* (1888) 448; *Baumg. Jahresber.* 4. *Bd.* 356.
Arloing, *Influence de la lum. blanche et de ses rayons constituants sur le développement et les propriétés du bacillus anthracis, Arch. de physiol.* (1886) *No.* 3, 209.
Raum, *Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnisse über den Einfluſs des Lichtes auf Bakterien und auf den tierischen Körper, Zeitschr. f. Hyg.* (1889) 6. *Bd.* 312.
Roux, *De l'action de la lumière et de l'air sur les spores de la bactéridie du charbon, Ann. de l'Inst. de Pasteur* (1887) *No.* 9, 445.
Th. Geissler, *Zur Frage über die Wirkung des Lichtes auf Bakterien, Centralbl. f. Bakt.* (1892) 11. *Bd.* 161—173.
Downes u. **Blunt**, *Diss. Petersburg* 1880.
Tyndall, *Proc. Roy. Soc.* (1878); *Nature* (1881).
Gaillard, *Thèse de Lyon* 396.
Pansini, *Rivista d'igiene*, 18. *Bd.*
Momont, *Action de la dessiccation de l'air, et de la lumière sur la bactéridie charbonneuse filamenteuse, Ann. de l'Inst. Pasteur* (1892) 6. *Bd.* 21—31.
Trelat, *Bericht über den 6. internat. Kongreſs f. Hyg.*
Heymann, *Prager Vierteljahrschr.* 13. *Bd.* 100.
Renk, *Archiv f. Hyg.* 3. *Bd.* 1.
Dobroslavine, *Gesundheits-Ing.* (1887) 19.
Buchner, *Ueber den Einfluſs des Lichtes auf Bakterien und über die Selbstreinigung der Flüsse, Arch. f. Hyg. Jubelb.* 17. *Bd.* 179 *ff.*

4. Lichtforderung der Hygiene.

Diese Erfahrungen lassen sich offenbar in besten Einklang mit der widerspruchslos verbreiteten Volksmeinung setzen, wonach helle Wohnräume gesund, dunkle ungesund sind*). Ein Ersatz des Tageslichtes durch künstliche Beleuchtung muß wegen der geringen chemischen Wirkungen der letzteren in allgemein sanitärer Hinsicht als ausgeschlossen betrachtet werden, kann jedoch für die speziellen Bedürfnisse des Auges ausreichend beschafft werden.

Die Hygiene erhebt somit die gerechte Forderung nach Licht, nach viel Licht und womöglich nach viel Tageslicht. Um diese Forderung mit Nachdruck zu vertreten, bedarf sie eines Maßstabes für das Licht, um mit exakten photometrisch gewonnenen Zahlen in der Hand diese ihre Forderung einzulösen.

Im ersten Abschnitt werden die Methoden der Lichtmessung, im zweiten die Beschaffenheit des natürlichen Sonnenlichtes, im dritten die künstlichen Lichtquellen besprochen werden.

---

*) Vergl. Oldendorff, Dieses Handbuch 4. Bd. S. 1 ff.

ERSTER ABSCHNITT.

Methoden der Lichtmessung.

5. Definition der bei Lichtmessungen in Betracht kommenden Größenarten. Diese sind 1) die Lichtmenge. Man legt hier die Vorstellung eines von der Lichtquelle aus sich räumlich verbreitenden Agens zu Grunde. Demnach kann man von der Gesamtlichtmenge sprechen, welche eine Lichtquelle nach allen oder einigen Seiten des Raumes aussendet. 2) Die Intensität einer Lichtquelle. Hierunter ist diejenige Lichtmenge zu verstehen, welche von einer als punktförmig betrachteten Lichtquelle nach einer bestimmten Richtung innerhalb eines willkürlich gewählten kleinen räumlichen Winkels entsandt wird. 3) Die Flächenhelligkeit (claritas visa Lambert's) eines hellen Körpers. Man versteht darunter die von der Flächeneinheit eines hellen Körpers ausgesandte Lichtmenge. Zur Ausmessung der Flächenhelligkeit ist daher eine bestimmte Einheit für Flächengröße, etwa das Quadratcentimeter zu wählen. 4) Die indizierte Helligkeit (illuminatio Lambert's) oder Beleuchtungskraft (franz. éclairage). Hierunter versteht man die von irgend welchen und irgendwie verteilten Lichtquellen auf die Flächeneinheit des beleuchteten Körpers geworfene Lichtmenge.

Außer diesen eigentlichen 4 photometrischen Größenarten, welche sämtlich gewisse Lichtmengen sind, kommen noch 3 den beleuchteten Körpern innewohnende photometrische Eigenschaften in Betracht, nämlich 1) die Reflexionsfähigkeit oder die sogen. Albedo, 2) die Transparenz und 3) die Absorptionsfähigkeit. (Verhältniszahlen des reflektierten bezw. durchgelassenen oder absorbierten Lichtes zum gesamten auffallenden.)

Jede Messung besteht in der Vergleichung zweier Lichtmengen. Das Licht der einen Lichtquelle wird in meßbarer, unmittelbar durch Zahlen ausdrückbarer Weise so weit abgeschwächt, bis die Gleichheit der Lichtstärke durch irgend ein Reagens erkannt wird.

J. H. Lambert, *Photometria, sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Augustae Vindelicorum MDCOLX, deutsch herausg. von* E. Anding, *Ostwald's Klassiker,* 31.—33. *Heft. Auf diese Ausgabe und deren umfangreiche Anmerkungen (Lamb. Anm.) beziehen sich die Citate im folgenden. — Anm.* 36.

L. Weber, *Zur Frage d. Lichteinheiten, Schill. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung* (1888); *Centralbl. f. Elektrot.* (1888) 760—66.

6. Die Reagentien der Lichtwirkung

sind 1) das Auge selbst. Dasselbe vermag zu entscheiden, ob zwei nebeneinanderliegende Flächen, welche ihr Licht von zwei verschiedenen Lichtquellen erhalten, gleich hell sind oder nicht. Nach einiger Uebung kann die Gleichheit bis auf etwa $^1/_2$—1 Proz. beurteilt werden. Auch kann die Gleichheit zweier Helligkeitskontraste mit annähernd derselben Genauigkeit festgestellt werden. Diese Kriterien kommen vorzugsweise in der praktischen Photometrie in Anwendung und genügen für die meisten Zwecke. Weit unsicherer ist das bei einigen spezielleren Methoden vom Auge zu verlangende Urteil, wann ein durch Abschwächungsmittel allmählich verblassender Lichteindruck gerade beginnt undeutlich zu werden, also z. B. anzugeben, wann ein Stern, dessen Licht meßbar abgeschwächt wird, gerade anfängt zu verschwinden, oder wann zwei gleiche Strichzeichnungen, welche von ungleichfarbigen Lichtarten beleuchtet werden, gleich deutlich erscheinen.

2) das Savart'sche Interferenzprisma, bestehend aus zwei unter 45° gegen die Achse geschnittenen Quarzplatten. Von F. Neumann und Wild wurde gefunden, daß, wenn man die beiden zu vergleichenden Lichtstrahlen senkrecht aufeinander polarisiert und sie in derselben Richtung durch das Savart'sche Prisma gehen läßt, Interferenzstreifen auftreten im Falle der ungleichen Lichtstärke beider Strahlen. Das Verschwinden der Streifen ist demnach ein auch von ungeübtem Auge leicht zu benutzendes Kriterium der Intensitätsgleichheit, welche hierdurch bis auf etwa 0,1 Proz. festgestellt werden kann.

3) die chemischen Wirkungen des Lichtes. Chlor und Wasserstoff vereinigen sich unter der Einwirkung des Lichtes zu Salzsäure in Mengen, die von der Zeit und der Stärke der Belichtung abhängen. Hierauf gründeten Bunsen und Roscoe ihre Methoden, durch quantitative Beobachtung der vereinigten Gase die Intensität zweier Lichtquellen zu vergleichen. Aus dem Schwärzungsgrad gesilberter photographischer Papiere ist gleichfalls auf die Intensität des Lichtes zu schließen, ebenso aus zahlreichen anderen vom Licht beeinflußten chemischen Vorgängen.

4) die Verminderung der elektrischen Leitungsfähigkeit des Selens durch Licht. Hierauf gründete Werner v. Siemens seinen Vorschlag, durch Widerstandsmessung einer nacheinander von zwei Lichtquellen belichteten Selenzelle die Intensität derselben zu vergleichen.

Mit den unter 3) und 4) genannten Methoden ist leider der Uebelstand verbunden, daß hier nicht eine reine Wirkung aller vom menschlichen Auge als Licht empfundenen Strahlen, sondern eine solche spezieller Licht- oder Wärmestrahlen beobachtet wird, deren Beziehung oder Proportionalität zu den sichtbaren Strahlen in jedem Falle erst zu ermitteln ist.

Bouguer, *Traité d'optique sur la gradation de la lumière*, *Paris* 1729; *Traité d'optique sur la grad. de la lum. Ouvrage posthume, publié par M. l'Abbé* **de Lacaille**, *Paris* 1760.
Fr. Zöllner, *Photom. Unters.*, *Pogg. Ann.* (1859) 109. *Bd.* 144.
G. Recknagel, *Lambert's Photometrie* (1861).
H. Krüss, *Elektrotechnische Photometrie* (1886) (32. *Bd. der elektrotechn. Bibliothek von Hartleben*).
M. de Lepinay u. **A. Nicati**, *Recherches expérimentales sur le phénomène de Purkinje*, *Journ.*

de Phys. (1882) (2) 1. *Bd.*; *Relation entre la loi de Bouguer-Masson et le phénomène de Purkinje*, *Compt. R.* (1882) 94. *Bd.* 785.
H. Wild, *Ueber ein neues Photometer*, *Pogg. Ann.* 99. *Bd.* 235; (1856) 118. *Bd.* 193.
A. Crova, *Comparaison photométrique des sources lumineuses des teintes différentes*, *Compt. R.* (1881) 93. *Bd.* 512, *Ann. de chim. et de phys.* (6) 6. *Bd.* 528.
R. Bunsen u. H. E. Roscoe, *Photochemische Untersuchungen* (1855), *Pogg. Ann.* 96. *Bd.* 373—394, 100. *Bd.* 43—88; *Ostwald's Klass.* 34. *Heft.*
Draper, *Tithonometer*, *Philos. Mag.* (1843) 23. *Bd.* 401.

7. Messbare Abschwächung des Lichtes.

Jede der vorerwähnten Methoden erfordert nun weiter ein Verfahren, durch das in meßbarer Weise die zu vergleichenden Lichtarten bis zur Gleichheit abgeschwächt werden. Man benutzt hierbei

a) das quadratische Grundgesetz der Photometrie. Das Licht nimmt umgekehrt mit dem Quadrate der Entfernung ab. Werden zwei benachbarte Flächen, welche das Auge als gleich hell erachtet, von zwei verschiedenen Lichtquellen in verschiedener Entfernung beleuchtet, so verhalten sich die Intensitäten der Lichtquellen wie die Quadrate ihrer Abstände. Man braucht zum Zwecke der Messung also nur diese Abstände so lange meßbar zu verändern, bis Gleichheit der Beleuchtungswirkung eintritt.

b) das Prinzip des Diaphragmas. Kommt das Licht der einen Lichtquelle von einer gleichmäßig hellen Fläche her, so kann man eine meßbare Abschwächung vornehmen, indem mittels Diaphragmas die Größe dieser lichtaussendenden Fläche veränderlich gemacht wird. Die von der letzteren ausgesandte Lichtmenge ist im allgemeinen der Flächengröße des vorgesetzten Diaphragmas proportional. Dies Prinzip der Abschwächung ist auch besonders in den Fällen anwendbar, in denen das Licht einer oder beider Lichtquellen durch Linsen hindurchgeht. Durch mikrometrisch verstellbare Blenden ändert man die Größe der wirksamen Oeffnung. Bouguer, Fizeau, Foucault, Simonoff, Herschel, Steinheil, Ayrton & Perry und Hopkinson wandten dieses Prinzip der Abschwächung an. Ganz besonders aber ist dasselbe von Vierordt durch Benutzung eines mikrometrisch verstellbaren, vor dem Objektive eines Spektralapparates angebrachten Spaltes ausgebildet.

c) die Sektorenscheibe. Schaltet man in den Gang der Lichtstrahlen eine Scheibe ein, welche einen ausgeschnittenen Sektor besitzt, und läßt nun die Scheibe sehr schnell rotieren, so wird das beobachtende Auge keine Empfindung der Rotation haben, dagegen eine Verdunkelung im Verhältnis der Sektorenbreite zur ganzen Peripherie beobachten. Durch passendes Uebereinanderlegen zweier Scheiben mit je 180 Grad großen Sektoren kann man alle Abstufungen des Lichtes von 0 bis $^1/_2$ herstellen. Guthrie, Napoli und Hammerl gaben dies Mittel der meßbaren Lichtabschwächung an.

d) die Polarisationsprismen. Ein Lichtstrahl, der durch einen Polariseur, z. B. ein Nikol'sches Prisma geht, besteht aus Schwingungen, die nur in einer Ebene vor sich gehen und deren Schwingungsweite die Lichtstärke bedingt. Bei Verdoppelung der Amplitude wächst die Lichtstärke auf das Vierfache. Geht alsdann der polarisierte Lichtstrahl durch ein zweites Nikol'sches Prisma, welches

mit dem ersteren einen Winkel α macht, so wird die Amplitude im Verhältnis $1 : \cos\alpha$ und die Lichtstärke im Verhältnis $1 : \cos^2\alpha$ verkleinert. Durch Drehung des einen Nikols hat man es demnach in der Hand, die Intensität eines Lichtstrahles beliebig und meßbar abzuschwächen.

e) die Einschaltung von absorbierenden Medien in den Gang des Lichtes. Als solche Licht absorbierenden Körper kommen für photometrische Zwecke in Betracht: Schichten von Seidenpapier, Rauchgläser, mattgeschliffene Glasplatten, Milchgläser, deren Anzahl man abstuft, oder trübe Flüssigkeiten, deren Dicke man vermindert. Nennt man die durch die Einheitsschicht hindurchgegangene Lichtmenge im Verhältnis zur auffallenden $= \tau$ (Transparenzkoëffizient), so setzt man gewöhnlich die durch die n Schichten hindurchgegangene Lichtmenge $= \tau^n$. Streng genommen, ist freilich ein solcher Ansatz inkorrekt, da die inneren Reflexionen des zwischen den einzelnen Schichten vielfach hin und her gehenden Lichtes dabei nicht genügend berücksichtigt sind.

Durch Kombination eines der Kriterien 6, 1—4 mit einer der Abschwächungsmethoden a)—e) erhält man eine große Menge verschiedener Photometer, deren Aufgabe es ist, das numerische Verhältnis der Lichtstärke zweier miteinander verglichenen Lichtquellen oder Lichtmengen anzugeben, indem man die eine derselben etwa als Einheit wählt. Bevor die einzelnen Photometer beschrieben werden, mögen zuvörderst die Lichteinheiten aufgeführt werden.

Bouguer *siehe S.* 43; **Lambert** *siehe S.* 42.

Fizeau u. Foucault, *Ueber die Intensität des beim Davy'schen Versuch von den Kohlen ausgesandten Lichtes, Pogg. Ann.* 63. *Bd.* 463; *Ann. de chim. et de phys.* (1844) (3) 11. *Bd.* 370.

L. Simonoff, *Sur un photomètre optique, C. R.* (1883) 97. *Bd.* 1053.

K. Vierordt, *Beschreibung einer photometrischen Methode zur Messung und Vergleichung der Stärke des farbigen Lichtes, Pogg. Ann.* (1869) 137. *Bd.* 200; *Die Anwendung des Spektralapparates zur Messung und Vergleichung des farbigen Lichtes, Tübingen* 1871.

F. Guthrie, *A new photometer, Chem. News* (1879) 40. *Bd.* 262.

D. Napoli, *Un nouveau photomètre, Séances de la Soc. de phys. franç.* (1880).

H. Hammerl, *Ueber eine Methode zur Messung der Intensität sehr heller Lichtquellen, Elekt. Zeitschr.* (1883) 4. *Bd.* 262.

Fr. Arago, *Oeuvres compl.* (1854—62) 10. *Bd.* 184.

8. Die Lichteinheiten.

Es ist bisher noch nicht möglich geworden, die Lichtmessungen in das absolute, auf cm, g, sek. basierte Maßsystem einzufügen, und zwar deswegen nicht, weil die Bewegungen des Lichtäthers nach ihrer mechanischen Energie zu messen, noch nicht allgemein durchführbar ist. Man müßte zu diesem Zweck die Amplitude der Luftschwingungen und die Masse des Aethers genau kennen. Daher bildet die Photometrie die einzige Disziplin der Physik, in welcher für numerische Bestimmungen noch andere willkürlich festzusetzende Einheiten erforderlich sind. Eine solche Lichteinheit muß natürlich möglichst genau definiert sein, damit sie überall mit immer gleicher Sicherheit reproduziert werden kann. Die technischen Schwierigkeiten dieser Aufgabe sind beträchtliche, und daher erklärt sich die große Zahl von verschiedenen, mehr oder weniger gut definierten Lichteinheiten sowie eine ziemlich große Unsicherheit, welche auch den besten und neuesten Einheiten anhaftet.

Während Bouguer und Lambert als Normallicht eine Talgkerze von bestimmter damals üblicher Sorte benutzten, wurde später die im Anfange des Jahrhunderts in Frankreich von Carcel verbesserte Argand'sche Oellampe als Einheit unter dem Namen Carcellampe eingeführt. Dumas und Regnault gaben für alle einzelnen Teile dieser Lampe genaue Dimensionen an. So soll der Docht einen inneren Durchmesser von 23,5 mm und ein Gewicht von 3,6 g per Decimeter haben, und es soll der normale Konsum an reinem Colzaöl 42 g per Stunde betragen. Die englische Walratkerze (London Standard Spermaceti Candle), welche nächst der Carcellampe die größte Verbreitung gefunden hat, wird vom Board of Trade ausgegeben. Durch subtiles Beschneiden des Dochtes ist die Flammenlänge normal auf 44,5 mm zu regulieren, wobei ein Verbrauch von 7,77 g per Stunde eintreten soll. Neben der Walratkerze wurde in Deutschland vom Verein der Gas- und Wasserfachmänner die Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und 50 mm Flammenlänge eingeführt. Da schon geringe Aenderungen der Flammenlänge bei den Kerzen mit prozentisch beträchtlichen Intensitätsänderungen verbunden sind, so erfordert die Benutzung der Kerzen Hilfsinstrumente zur genauen Messung der Flammenlänge. So wurden von H. Krüß und L. Weber Projektionslinsen für diesen Zweck benutzt, welche das Bild der Flamme auf eine Skala werfen. Schwendler machte 1878 den Vorschlag, die Lichteinheit durch einen genau abgemessenen Streifen Platinblech herzustellen, welcher durch einen galvanischen Strom von bestimmter Stärke ins Glühen gebracht wird. Violle empfahl 1881 als Lichteinheit dasjenige Licht, welches von 1 qcm Platin in normaler Richtung ausgesandt wird, wenn das in größerer Menge geschmolzene Metall sich im Zustande des Erstarrens befindet. Die kostspielige und schwierige Herstellung dieser vom Elektriker-Kongresse 1881 angenommenen Einheit nimmt derselben fast jeden praktischen Wert. W. von Siemens konstruierte eine kleine Lampe, in welcher mittelst elektrischen Stromes ein schmaler Streifen Platinblech zum Erglühen und bei successive gesteigerter Stromintensität zum Schmelzen gebracht wird. Eine runde, vor dem Streifen liegende Oeffnung von $^1/_{10}$ qcm läßt demnach im Momente des Abschmelzens, also erst unmittelbar vor dem Erlöschen der Lampe, das Licht von $^1/_{10}$ Platineinheit hindurch. Auch diese Lampe ist für unmittelbare praktische Ausmessung anderer Lichtquellen nicht geeignet, weil das normale Licht in dem nämlichen Augenblicke, in dem es sich voll entwickelt, bereits verlischt. Wohl aber kann diese Lampe dazu dienen, durch wiederholte Laboratoriumversuche die Relation einer zur eigentlichen Gebrauchsnormalen bestimmten Lampe oder Kerze zur Platineinheit festzustellen. Als eine solche für Lichtmessungen unmittelbar geeignete konstante und gut definierte Lichtquelle ist die von von Hefner-Alteneck konstruierte, mit reinem Amylacetat gespeiste Lampe zu bezeichnen. Diese Lampe besitzt ein frei aufsteigendes, 25 mm langes, 8 mm weites Dochtröhrchen aus 0,15 mm dickem Neusilberblech. Der Docht, aus groben, weichen Baumwollfäden, soll die Dochtröhre ganz ausfüllen und zu rundlicher Kuppe geglättet sein. Durch einen Trieb ist die Flammenhöhe, gemessen vom Rande des Blechröhrchens bis zur Spitze der Flamme, auf genau 40 mm zu regulieren.

Erwähnenswert ist noch die in England vorgeschlagene Lichteinheit von Harcourt, die sogenannte Pentaneinheit. Es ist dies eine Ver-

besserung der von Giroud benutzten Einheit des Einlochgasbrenners. Harcourt verwendet anstatt des in seiner Zusammensetzung sehr variablen Leuchtgases eine Mischung von 7 Vol. Pentangas und 20 Vol. Luft. Wenn dies Gas aus bestimmter Oeffnung bei bestimmtem Drucke ausströmt, besitzt die Flamme eine der Walratkerze gleiche Intensität.

Die Amylacetatlampe wird voraussichtlich bald ganz allgemein als beste Lichteinheit unter der Bezeichnung Hefnerlicht oder kurz „Hefner" eingeführt sein. Ihr Verhältnis zu den übrigen Einheiten ist:

1 Hefnerlicht	= 0,817	deutsche Paraffinkerze
1 „	= 0,893	englische Walratkerze
1 „	= 0,100	französ. Carcel.

Das Verhältnis der Platineinheit zum Hefnerlicht wird von Violle zu 20 angegeben. Nach Versuchen von L. Weber mit einer Siemensschen Platinlampe ist das Verhältnis in den einzelnen Teilen des Spektrums verschieden, in Grün 20,4, in Rot 15,75. Neuerdings wird in Frankreich 1 Hefnerlicht = $^1/_{20}$ Patineinheit als bougie-décimale bezeichnet.

Fr. Rüdorff, *Photometrische Studien, Journ. f. Gasbel.* (1869) 568.
H. Krüss, *Die elektrot. Photom* 96 *ff.*
L. Schwendler, *Eine neue Maſseinheit für Lichtmessungen, Zeitschr. f. angew. Elektr.-Lehre* (1880) 2. *Bd.* 14.
J. Violle, *Sur la radiation du platine incandescant, C. R.* (1879) 88. *Bd.* 171.
J. W. Draper, *A new unity of light, Phil. Mag.* (1879) 9. *Bd.* 76.
H. Giraud. *Expériences sur les bougies-étalons, Journ d. usines à gaz, Déc., Paris* 1881.
Report to the Board of Trade by a Committee on Photometric Standards, London 1881.
H. Giraud, *L'unité de lumière, Journ. d. usines à gaz, Paris, Mai* 1882.
D. Monnier, *Verhältnisse der verschiedenen Lichteinheiten, Journ. f. Gasbel.* (1883) 750.
v. Hefner-Alteneck, *Ueber elektr. Lichtmessungen u. Lichteinheiten, Elektrot. Zeitschr.* (1883) 4. *Bd.*; *Vorschlag zur Gewinnung einer konstanten Lichteinheit, Elektrot. Zeitschr.* 5. *Bd.* 20; *Journ. f. Gasbel.* (1884); *Zur Frage der Lichteinheit, Journ. f. Gasbel.* (1886) 3.
H. Krüss, *Vergleichende Versuche mit Normalkerzen, Journ. f. Gasbel* (1883) 511; *Optisches Flammenmaſs, Journ. f. Gasbel.* (1883) 717; *C. Z f. Opt. u. Mech.* 4. *Bd.* 277; *Die Maſseinheiten des Lichtes, Zeitschr. f. Elektrot.* (1885) 3. *Bd.* 33; *C. Z. f. Opt. u. Mech.* 6. *Bd.* 92.
J. Violle, *Intensités lumineuses des radiations émises par le platine incandescent, C. R.* (1883) 92. *Bd.* 866; *Sur l'étalon absolue de la lumière, Ann. d. chim. et d. phys.* (1884) (5) 3. *Bd.* 373.
W. H. Preece, *Ueber Photometrie und eine neue Maſseinheit, Zeitschr. f. Elektrot.* 2. *Bd.* 228; *Proc. Roy. Soc. London* 1884, 36. *Bd.* 270.
W. Siemens, *Ueber die von der Pariser internationalen Konferenz angenommene Lichteinheit, Wied. Ann.* (1884) 22. *Bd.* 304.
W. Abney, *On fixing a standard of light, Rep. of Brit. Ass.* (1885) 422.
A. V. Harcourt, *On a lamp giving a constant light, ibid.* 426.
Ch. Heisch *and* **F. W. Hartley,** *Photometric light units, A Report to the Standards of Light Committee of the Gas Institute, London* 1884; *A consistent method of estimating the illuminating power of gases of different qualities, London* 1884.
E. Liebenthal. *Untersuchung über die Amylacetatlampe, Journ. f. Gasbel.* (1887) 814.
L. Weber, *Zur Frage der Lichteinheiten, Journ. f. Gasbel.* (1888) 597, *Centralbl. f. Elektrot.* (1888) 760
O. Lummer u. E. Brodhun, *Photometrische Untersuchungen, Vergleichung der deutschen Vereinskerze und der Hefnerlampe mittels elektrischer Glühlichter, Zeitschr. f. Instrumt.-K.* (1890).
M. A. Buguet, *La physique photographique, conférences publiques sur la photographie en* 1891—92, *Paris* 1893.
S. Elster, *Ueber das amtliche Lichtmaſs in England, Verh. d. Vereins z. Bef. d. Gewerbfleiſses, Berlin* 1887.

9. Abgeleitete Lichteinheiten.

Aus jeder der vorstehend aufgeführten Einheiten für die Intensität einer Lichtquelle lassen sich die zugehörigen Einheiten für Flächenhelligkeit und indizierte Helligkeit ableiten.

Einheit der Flächenhelligkeit ist die Helligkeit derjenigen Fläche, von welcher 1 qcm soviel Licht in normaler Richtung aussendet, als das Normallicht. Hiernach ist bei Zugrundelegung z. B. der Platineinheit die Helligkeit des erstarrenden Platins = 1. Oder bei Zugrundelegung etwa des Hefnerlichtes würde diejenige helle Fläche die Flächenhelligkeit 1 besitzen, welche $2^1/_4$mal so hell erscheint wie die $2^1/_4$ qcm (im Vertikalschnitt) große Flamme der Amylacetatlampe. Eine andere sekundäre Definition der Einheit für Flächenhelligkeit gewinnt man so: Man setzt die Helligkeit desjenigen absolut weißen Kartons gleich 1, der von der Lichteinheit in 1 m Distanz bei senkrechter Incidenz beleuchtet wird, wobei unter „absolut weiß" verstanden ist, daß die Reflexionsfähigkeit = 1 ist. Diese Einheit ist $\pi . 10000 = 31\,416$mal kleiner als die vorhin definierte. So würde z. B. ein weißer Karton, dessen Albedo 0,95 beträgt, in 1 m Abstand durch eine Hefnerkerze derart beleuchtet werden, daß seine auf die vom Hefnerlicht abgeleitete Einheit bezogene Flächenhelligkeit durch die Zahl 0,95 ausgedrückt würde.

Einheit der indizierten Helligkeit (Beleuchtungskraft, Beleuchtung, éclairage) erhält oder besitzt diejenige Fläche, welche von irgend welchen irgendwie plazierten Lichtquellen in Summa gerade so viel Licht bekommt, wie sie von einer in 1 m Abstand senkrecht gegenübergestellten Lichteinheit (Normalkerze) empfangen würde. Diese Einheit der indizierten Helligkeit heißt Meterkerze.

Die Beziehung zwischen indizierter Helligkeit und Flächenhelligkeit mag durch folgende Regel illustriert werden. Wird eine mattweiße oder mattgraue Fläche, deren Reflexionsfähigkeit = μ gesetzt sei, von irgend welchen Lichtquellen unter irgend welchen Einfallswinkeln derart beleuchtet, dass die indizierte Helligkeit n Meterkerzen beträgt, so ist die eigene durch diese Beleuchtung gewonnene Flächenhelligkeit dieser Fläche gleich $n\mu$, falls für die Einheit der Flächenhelligkeit die vorhin angegebene sekundäre Definition angenommen wird, und gleich $\frac{n\mu}{31416}$, falls die primäre Definition der Flächenhelligkeitseinheit gewählt wird.

Beispiel. Als Lichteinheit werde die Platineinheit genommen. Wir stellen uns eine horizontale glühende, im Erstarren befindliche Platinoberfläche vor. Ueber derselben liege ein Diaphragma von 1 qcm Oeffnung. Senkrecht darüber sei eine horizontale weiße Tafel in dem Abstande r vom Diaphragma aufgestellt. Dann ist die auf der unteren beleuchteten Fläche dieser Tafel indizierte Helligkeit gleich $\frac{1}{r^2}$ Platinmeterkerzen, wenn r nach Metern gemessen ist. Die eigene (von unten betrachtete) Helligkeit der beleuchteten Tafel ist $\frac{\mu}{r^2 . 31\,416}$. Die Tafel würde demnach, wenn sie absolut weiß wäre ($\mu = 1$) und in einem Abstand von 1 m vom Diaphragma befindlich wäre, 31 416mal dunkler sein als das erstarrende Platin.

10. Die Photometer.

Es mag genügen, hier nur die wichtigeren Photometer zu beschreiben. Die unter a) bis o) aufgeführten sind lediglich bestimmt für die Vergleichung der Intensität zweier als punktförmig betrachteter Lichtquellen (Gasflammen, Kerzen etc.), also z. B. einer Normalkerze mit einer auf Intensität zu messenden Lampe.

a) Das Lambert'sche Schattenphotometer, vielfach auch als Rumford'sches Photometer bezeichnet. Vor einer weißen Tafel T (Fig. 1) befindet sich ein schattengebender Körper k (Blechstreifen, Lineal oder runder Stab), die beiden zu vergleichenden Lichtquellen L_1 und L_2 werden so gestellt, daß ihre beiden Schatten s_2 und s_1 hart aneinanderrücken und dem Auge gleich hell erscheinen.

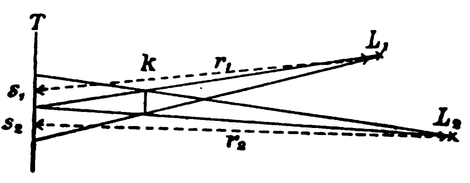


Fig. 1.

Die Fläche s_1 erhält dann nur Licht von L_1, s_2 nur Licht von L_2, und es ist dann

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2},$$

wenn mit r_1 und r_2 die Abstände der Lichter von den Schattenflächen bezeichnet werden. Ist also z. B. L_1 die gewählte Lichteinheit etwa ein Hefnerlicht, so ist

$$L_2 = \frac{r_2^2}{r_1^2} \text{ Hefnerlicht.}$$

b) Das Photometer von Bouguer. Dasselbe wurde besonders von Foucault benutzt und nach ihm benannt. Es beruht darauf, daß die beiden Hälften g_1 und g_2 (Fig. 2) einer durchscheinenden Fläche (Papier, Milchglas) nur von je einer der beiden Lichtquellen L_1 und L_2 beleuchtet werden, was durch die undurchsichtige Wand W erreicht wird. Man beobachtet in der Fig. 2 von rechts und ändert r_1 oder r_2, bis g_1 und g_2 gleich hell erscheinen. Dann findet wieder dieselbe Rechnung wie unter a) statt.

c) Das Photometer von Ritchie. Zwei weiße Flächen p (Fig. 3) stoßen in scharfer Kante zusammen; jede derselben empfängt nur Licht von einer der Lichtquellen. Man verschiebt, bis von einem symmetrisch zu den Flächen p gelegenen Punkte O aus beide Flächen gleich hell erscheinen.

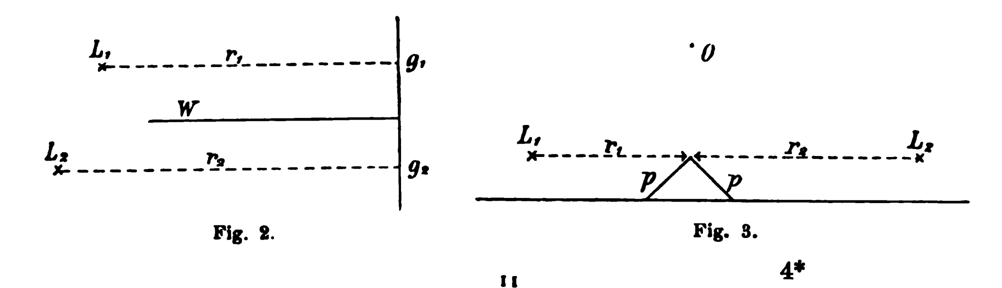


Fig. 2. Fig. 3.

d) Das Paraffinphotometer von **Jolly** und **Elster** (Fig. 4). Ein rechtwinkliger Paraffinblock ist durch eine undurchsichtige Wand *d* (Stanniolblättchen) in zwei Teile zerlegt. Man beobachtet die Gleichheit der Helligkeit beider Hälften von einem symmetrisch in der verlängerten Ebene *d* liegenden Punkte aus.

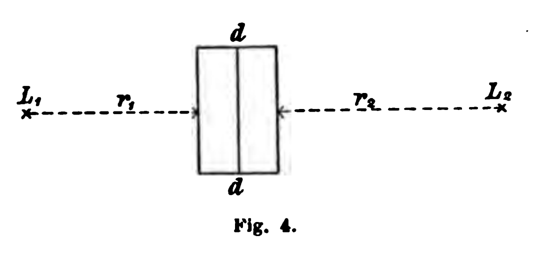


Fig. 4.

e) Das **Bunsen**'sche oder Fettfleckphotometer. Auf der senkrecht gegen die Verbindungslinie der beiden Lichtquellen gestellten Papierfläche *a* (Fig. 5) befindet sich ein Fett- oder Stearinfleck *b*. Von **links** her betrachtet erscheint derselbe dunkel auf hellem Grunde, wenn man den Schirm (*ab*) in die Nähe von L_1 bringt, dagegen hell auf dunklem Grunde, wenn (*ab*) in der Nähe von L_2 ist. Dazwischen giebt es eine Stellung, in welcher von **links** her betrachtet der Fleck gerade verschwindet. Entsprechend verhält es sich bei Betrachtung von **rechts** her. Ersetzt man nun L_1 durch eine andere Lichtquelle L_3 und rückt diese auf derselben Seite des Schirmes in diejenige Distanz r_3, bei welcher der Fleck abermals verschwindet, während L_2 und r_2 durchaus unverändert geblieben sind, dann ist

$$\frac{L_2}{L_3} = \frac{r_2^2}{r_3^2}$$

Hierbei hat L_2 also die Rolle einer während der beiden Versuche konstanten Vergleichslichtquelle gespielt. Dieses ursprünglich **Bunsen**sche Verfahren wird in der Weise praktisch gehandhabt, daß die Vergleichslichtquelle L_2, eine gut regulierte konstante Gasflamme, in ein Gehäuse eingeschlossen ist, in dessen Wandung der Schirm *ab* in konstantem Abstand von L_2 eingefügt ist. Da das Verschwinden des Flecks jedoch sehr stark von dem Winkel abhängt, unter welchem man gegen die Papierfläche sieht, so sind von **Rüdorff** (Fig. 5) die beiden Spiegel *s* mit dem den Schirm *ab* tragenden Stativ fest verbunden.

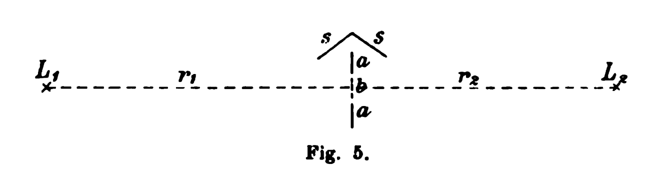


Fig. 5.

Man beobachtet dann von einem genau in der Verlängerung des Papieres (in der Zeichnung unten) gelegenen Punkte gleichzeitig in beiden Spiegeln. Es ergiebt sich nun, daß das Verschwinden des Flecks nicht gleichzeitig in den beiden Spiegeln wahrgenommen wird. Vielmehr giebt es im allgemeinen immer zwei zwischen L_1 und L_2 belegene Stellen, an denen je eines der in den Spiegeln *s* beobachteten Bilder den Fleck verschwinden läßt. In allen zwischen diesen beiden Punkten gelegenen Stellen erscheint der Fleck dunkel auf hellem Grunde von beiden Seiten aus, also auch in dem Doppelbilde der Spiegel. Man sucht nun dem Stative mit Spiegeln und Schirm diejenige Stellung zu geben, bei welcher die Bilder in beiden symmetrischen Spiegeln den Fleck in gleichem Hellig-

keitskontrast gegen das Papier erscheinen lassen. Dann verhalten sich die beiden Lichtquellen L_1 und L_2 wie die Quadrate ihrer Abstände vom Schirm. Bei diesem Verfahren ist ein Vergleichslicht nicht nötig. Wie die genauere von L. Weber mitgeteilte Theorie zeigt, muß man indessen dieselbe Beobachtung wiederholen nach Umdrehung des Schirmes um 180°, wodurch eine Vertauschung der Papierflächen bewirkt wird. Das Mittel aus beiden Messungen ergiebt dann erst den wahren Wert. Dieselbe Theorie ergab, daß die mit dem Bunsen'schen Photometer zu erzielende Empfindlichkeit der Einstellung infolge der Vermischung des von beiden Lichtquellen kommenden Lichtes etwa dreimal geringer sein müsse als bei den vorher genannten Photometern. Wenn gleichwohl die Praxis dem genialen Instrumente Bunsen's einen Vorzug vor anderen Photometern einräumte, so lag dies wesentlich an dem Umstande, daß die Trennungslinie zwischen dem Fleck und dem Papier eine in der That völlig verschwindende ist und daß dadurch das Urteil des Auges wesentlich schärfer wird, als wenn eine dunkle Linie beide zu vergleichenden Flächenstücke trennt. Beide Vorteile, die innige Umschließung der Flächenstücke und die völlige Trennung der beiderseitigen Lichtstrahlen, gelang es zu vereinigen durch die sinnreiche Konstruktion des

f) Prisma's von Lummer und Brodhun, welches an die Stelle des gefetteten Papieres gesetzt wurde. Dieses Prisma ist in Fig. 6 mit A und B bezeichnet. Es besteht aus einem gewöhnlichen rechtwinkligen Prisma B und einem zweiten rechtwinkligen Prisma A, dessen Hypotenusenfläche kugelig gewölbt ist und bei de eine kleine ebene, also kreisförmige Schlifffläche besitzt. Mit dieser Fläche wird A fest an B angedrückt, was durch Preßschrauben in der Fassung der Prismen bewirkt wird. Sieht man nun von o aus durch eine Distanzlupe f auf das Prismensystem, so wird man in der Centrallinie durch die Mitte von de durch beide Prismen hindurch und mittels Reflexion am Spiegel s_1 auf die weiße Fläche l_1 sehen. In der Umgebung des elliptisch erscheinenden Fleckes de wird man dagegen infolge totaler Reflexion an der peripherischen Restfläche von B ($bdea$) und mittels Reflexion an dem Spiegel s_2 auf die Fläche l_2 sehen. Der centrale Teil des Gesichtsfeldes wird somit nur erhellt von dem Lichte der Fläche l_1, der peripherische nur von dem Lichte der Fläche l_2. l_1 und l_2 sind die beiden Seiten eines undurchsichtigen, beiderseits gleich weißen Schirmes ik. Alle Teile o, f, A, B, s_1, s_2, ik sind an einem Messinggehäuse unveränderlich gegeneinander angebracht und können somit auf der Photometerbank, d. h. auf einer graduierten Schiene, an deren Endpunkten die beiden zu vergleichenden Lichtquellen L_1 und L_2 stehen, hin und her geschoben werden. Bei Helligkeitsgleichheit von l_1 und l_2 hat der centrale Teil des Gesichtsfeldes

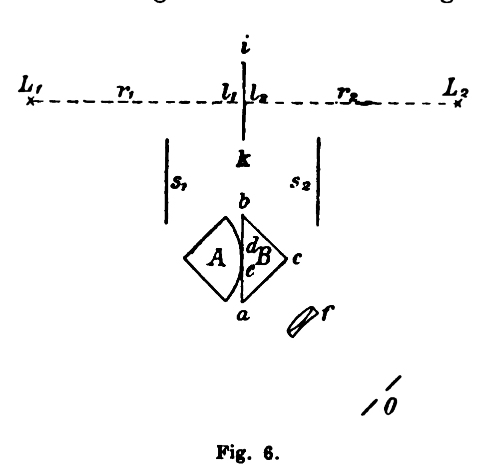


Fig. 6.

gleiche Helligkeit mit dem peripherischen, und die elliptische Trennungslinie *de* verschwindet völlig, ganz wie beim Bunsen'schen Fettfleck. Durch die völlige Trennung der beiden Lichtarten ist nun auch die Verminderung der Empfindlichkeit beseitigt. Dasselbe Problem wird in ebenso kostenloser Weise wie vom befetteten Papier, aber unter Wahrung der wesentlichen Vorteile des Lummer-Brodhun'schen Prismas gelöst durch

g) das Dachphotometer von L. Weber. Ein weißer Karton (Fig. 7) ist dachförmig geknifft und mit seiner Firstkante senkrecht auf die Photometerbank zwischen L_1 und L_2 gestellt und zwar derart, daß beide Flächen l_1 und l_2 unter gleichen Winkeln von den Lichtstrahlen der zu vergleichenden Lichter getroffen werden. Die Fläche l_1 hat bei *de* einen Ausschnitt, der mit sehr scharfem Messer so geführt wird, daß das von *o* aus beobachtende Auge die Schnittfläche des Kartons nicht sieht, sondern nur die messerscharfe Kante an der Seite l_1. Man erhält so den Eindruck eines Flecks, welcher verschwindet, wenn l_1 und l_2 gleich hell sind.

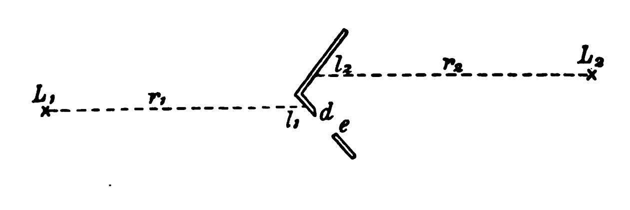


Fig. 7.

Eine weitere Steigerung in der Empfindlichkeit ist beim Lummer-Brodhun'schen Prisma dadurch erreicht worden, daß durch besonderes Anschleifen der Prismaflächen und Vorschaltung von schwach absorbierenden Gläsern nicht mehr auf das Verschwinden des Flecks, sondern auf Gleichheit zweier Helligkeitskontraste eingestellt wird.

Von Photometern, bei denen entweder die Art der Einstellung oder die Art der gesetzmäßigen Abdunkelung nach anderen Methoden vorgenommen wird, mögen genannt sein:

h) das Photometer von Guthrie, Regulierung der Helligkeit durch Einschaltung von rotierenden, mit Sektoren versehenen Scheiben in den Gang der Lichtstrahlen;

i) das Centigradphotometer von Coglievina. Es wird auf einen Lichtpunkt eingestellt, dessen plötzliches Verschwinden bei gewisser Intensität beobachtet wird;

k) das Skalenphotometer von Fr. Zöllner. Als Maßstab dient die Wirkung des Lichtes auf ein Crookes'sches Radiometer (Lichtmühle);

l) das Dispersionsphotometer von Perry und Ayrton. Die meßbare Abschwächung der einen Lichtquelle wird durch Einschaltung und Verschiebung einer Zerstreuungslinse bewirkt;

m) das Photometer von Simonoff. Einschaltung eines mikrometrisch veränderlichen Diaphragmas vor einer Sammellinse;

n) das Polarisationsphotometer von Arago. Die Abschwächung des Lichtes erfolgt durch Drehung von zwei Polariseuren gegeneinander;

o) das Photometer von Wild. Bei der Einstellung wird das Ver-

schwinden von Interferenzstreifen beobachtet. Die Abschwächung erfolgt durch Drehung von Polariseuren.

Gleichzeitig für Messung der Intensität von punktförmigen Lichtquellen, wie alle die vorstehend genannten Photometer, und zur Messung des diffusen Lichtes und heller Flächen eingerichtet ist das

p) Milchglasphotometer von L. Weber. Dieser von Fr. Schmidt und Hänsch-Berlin verfertigte Apparat besteht aus zwei rechtwinklig gegeneinander stehenden, ca. 8 cm weiten Rohren *A* und *B* (Fig. 8). Der Tubus *A* wird in horizontaler Lage an einem Stativ gehalten, während *B* mittels eines weiten seitlichen Rohrstutzens *i* in den verengerten Halsteil von *A* eingeschoben ist und somit um die Längsachse von *A* gedreht werden kann. Im Innern von *B*, dem Rohrstutzen *i* gegenüber, ist ein rechtwinkliges Prisma *p* befestigt. Ein von *O* aus auf dieses Prisma blickendes Auge sieht demnach durch Totalreflexion längs der Centrallinie des Tubus *A* in diesen hinein, wie auch immer der Tubus *B* gegen *A* gedreht sein mag. Im Innern von *A* ist durch einen Trieb *v* verschiebbar die runde Milchglasscheibe *f*. Letztere wird erleuchtet von der Benzinkerze *b*, und ihre Helligkeit ist umgekehrt proportional dem Quadrat ihres Abstandes *r* von *b*. Der Tubus *B* ist bei *g* mit einer viereckigen Milchglastafel geschlossen, vor welcher sich zur Abhaltung seitlichen Lichtes der Abblendungskonus *k* befindet. Die innere Längswand *q* verhindert, daß aus der Richtung von *g* her falsches Licht auf das Prisma fällt. Endlich ist innerhalb *B* noch das Diaphragma *d* vorhanden, welches dem Gesichtsfelde des Beobachters eine abgerundete oblonge Begrenzung (Fig. 9) giebt. Dieses Gesichtsfeld wird nun durch die an *q* stoßende Kante des Prismas in eine rechte und linke Hälfte geteilt. Die erstere besitzt eine Helligkeit entsprechend der Helligkeit von *f*, die letztere entsprechend der Helligkeit von *g*. Das Auge des Beobachters hat hierbei keinerlei Empfindung der wirklichen Abstände von *g* und *f*, sondern verlegt vielmehr diese Flächen in die Ebene des Diaphragmas *d*.

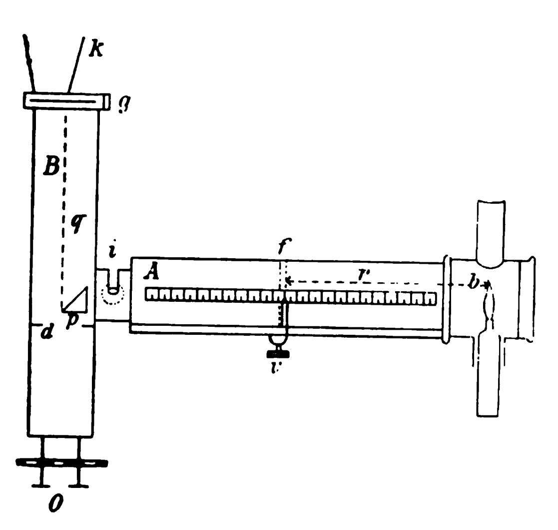
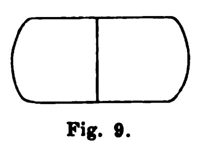


Fig. 8.


Fig. 9.

Die Benzinkerze *b* läßt sich mit Hilfe einer hinter derselben befindlichen Skala sehr genau auf eine ein für allemal ganz bestimmte Flammenhöhe (2 cm) regulieren und dient für die Messungen als konstantes Vergleichslicht (nicht zu verwechseln mit der Lichteinheit der

Normalkerze). Infolge der Drehbarkeit des Tubus B, wobei keinerlei Aenderung in dem Aussehen und der Helligkeit der rechten Hälfte des Gesichtsfeldes eintritt, läßt sich B auf die zu messende irgendwo aufgestellte punktförmige Lichtquelle richten.

Man stellt nun ein, indem durch die Schraube v die Milchglasscheibe f so weit von b abgerückt wird, bis das ganze Gesichtsfeld gleich hell erscheint. Die Trennungslinie zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte verschwindet fast völlig, wenn nur das Prisma p eine tadellose Kante besitzt. Bezeichnet man alsdann den Abstand der Lichtquelle von g mit R, so ist ihre Intensität $J = C \frac{R^2}{r^2}$, worin C einen konstanten Koëffizienten bedeutet. Diesen bestimmt man in einem ein für allemal gemachten Vorversuche, indem man genau in derselben Weise auf eine wirkliche Normalkerze einstellt. Dann ist

$$J = C \frac{R_1^2}{r_1^2} \text{ oder, da nun } J = 1,\ C = \frac{r_1^2}{R_1^2}.$$

Ist die zu messende Lichtquelle sehr hell, so kann man, um innerhalb des Skalenintervalls $r = 10$ bis $r = 30$ cm überhaupt eine Einstellung zu ermöglichen, entweder die Entfernung R entsprechend groß nehmen oder man schaltet, wenn dies unbequem ist, ein zweites, drittes etc. Milchglas bei g ein. Das Verfahren bleibt in letzterem Falle dasselbe, nur nimmt die Konstante C jetzt andere (größere) Werte an und zwar für jede Montierung einen dazu gehörigen Wert. Diese weiteren Konstanten bestimmt man dadurch, daß ihr Verhältnis zur Konstanten C gesucht wird. Dies geschieht durch abwechselndes Einstellen mit einer resp. 2 Platten auf eine passend ausgewählte, von einem Versuch bis zum anderen konstante Lampe oder Gasflamme.

Bei den neueren Apparaten dieser Konstruktion wird das Prisma p durch ein Lummer-Brodhun'sches Prisma ersetzt. Hierdurch verwandelt sich das Gesichtsfeld in ein kreisförmiges mit centralem Fleck. Im übrigen bleibt alles dasselbe. Die Empfindlichkeit der Einstellung scheint dadurch etwas zu gewinnen, namentlich für solche Beobachter, welche seltener photometrieren.

Bouguer, *siehe S.* 43; **Lambert**, *siehe S.* 42.
Rumford, *Gilbert's Ann.* 45. *u.* 46. *Bd.*
L. Weber, *Beschreibung eines Demonstrationsphotometers, Centralz. f. Opt. u. Mech.* (1880) 1. *Bd.* 8—9.
Ritchie, *Schweigger's Jahrb.* 46. *Bd.*
Fr. Rüdorff, *Photometrische Studien. l. c.*; *Ueber das Bunsen'sche Photometer, Pogg. Ann Jubelb.* 234.
L. Weber. *Zur Theorie des Bunsen'schen Photometers, Wied. Ann.* (1887) 31. *Bd.* 676—700.
A. Toepler, *Aenderung des Bunsen'schen Photometers, Wied. Ann.* 6. *Bd.* 640.
O. Lummer *u.* **E. Brodhun**, *Ersatz des Photometerflecks durch eine rein optische Vorrichtung, Zeitschr. f. Instr.-K.* (1889) *Jan.-Heft* 23—25; *Photometrische Untersuchungen, Zeitschr. f. Instr.-K.* (1889) *Febr.-Heft* 41—50.
B. Kolbe, *Modifikation der Mach'schen optischen Kammer und des Bunsen'schen Photometers, um sie zu Demonstrationen geeigneter zu machen, Zeitschr. f. Instr.-K.* (1887) *März.* 77—83.
E. Liebenthal, *Beitrag zur Theorie des Bunsen'schen Photometers, Journ. f. Gasbel.* (1889).
C. Bohn, *Bemerkungen zu Bunsen's Photometer, Ann. d. Chem. u. Pharm.* (1859) 3. *Bd.* 335.
L. Weber, *Dachphotometer, Schrift. d. Naturw. Ver. f. Schlesw.-H* (1893) 10. *Bd.* 1. *Heft, Sitzungsber.* 117.
F. Guthrie, D. Napoli, H. Hammerl *siehe oben S.* 45.
D. Coglievina, *Das Centigradphotometer, Braunschweig* 1880, *ref. von Krüß, Centr.-Z. f. Opt. u. Mech.* (1881) 2. *Bd.* 109.

Fr. Zöllner, *Das Skalenphotometer, Wiss. Abh. III. Nachtr., Leipzig* 1879.
Perry *u.* **Ayrton**, *A dispersion-photometer, Phil. Mag.* (5) 8. *Bd.* 117 *und* 9. *Bd.* 45.
A. Voller, *Ueber die Anwendung von Dispersionslinsen, Abh. d. Naturw. Ver. Hamburg* (1882) (7) 2. *Bd.* 40.
L. Simonoff *siehe S.* 45.
Fr. Arago *siehe S.* 45 *und Pogg. Ann.* (1833) 29. *Bd.* 186, 484.
H. Wild *siehe S.* 44.
W. Möller, *Ueber das Wild'sche Photometer, Wied. Ann.* (1885) 24. *Bd.* 446.
A. Masson, *Etude de photométrie électrique, Ann. de chim. et de phys.* (1845) (3) 14. *Bd.* 139.
K. W. Zenger, *Das Differentialphotometer, Mitt. d. Arch. u. Ing.-Ver. f. Böhmen* (1870).
N. H. Schilling, *Handbuch der Steinkohlengasbeleuchtung* (1878) 3. *Aufl.* 206.
Th. Stevenson, *Die Illumination der Leuchttürme, deutsch von* **Nehls** (1878) 138.
A. Cornu, *Etudes photométriques, Journ. de phys.* (1880) 10. *Bd.* 189.
R. Sabine, *On a wedge and diaphragma photometer, Phil. Mag.* (1881) (5) 15. *Bd.* 22.
E. C. Pickering, *Wedge-photometer, Nature*, 13. *Juli* (1882); *Zeitschr. f. Instr.-K.* (1882) 2. *Bd.* 340.
M. Hartley, *Photométrie, Lum. électr.* (1883) 10. *Bd.* 58.
A. Crova, *Sur un photomètre à diffusion, C. R.* (1884) 98. *Bd.* 1115; *Ann. de chim. et de phys.* (1884) (6) 5. *Bd.* 341; *Sur l'emploi des écrans diffusants dans la photométrie, ibid.* (6) 5. *Bd.* 342.
J. Gorham, *The pupil photometer, Proc. Lond. Roy. Soc.* (1884) 37. *Bd.* 425.
W. J. Dibdin, *Some new phases in photometrical practise, Journ. of Soc. of Chem. Industry* (1885) *Mai*, 1829; *Further notes on the radial photometer, ibid.* (1885) *Apr.* 29.
H. Krüss, *Das Kompensationsphotometer, Journ. f. Gasbel.* (1885) 685, *C.-Z. f. Opt. u. Mech.* (1885) 6. *Bd.* 219.
L. Weber, *Zur Photometrie, Centr.-Z. f. Opt. u. Mech.* (1883) 4. *Bd.* 181—183, 194—196; *Mitteilung über einen photometrischen Apparat, Wied. Ann.* (1883) 20. *Bd.* 326—337; *Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch des Photometers von Fr. Schmidt u. Hänsch, herausgeg. als Manuskript, Berlin.*
G. Frisch, *Das Weber'sche Photometer, Zeitschr. f. Elektrotechnik, Wien* 1889.
L. Seidel, *Untersuchungen über die gegenseitigen Helligkeiten der Fixsterne etc., Abh. d. K. bayer. Akad. d. W. II. Kl.* (1852) 6. *Bd.*
G. Krech, *Photometrische Untersuchungen, Programm d. Luisenst. Gymn. Berlin* 1883.
W. Grosse, *Ueber eine neue Form von Photometern, Zeitschr. f. Instr.-K.* (1887) 129—144, (1888) 95—102, 129—135; *Ein neues Kompensationsphotometer, Elektrot. Zeitschr.* (1888) 9. *Bd.* 151.
Edgerton, *Photometer mit Normallampenlicht, Dingl. Journ.* (1878) 229. *Bd.* 48.

11. Messung verschiedenfarbigen Lichtes.

Bei jedem der vorstehend beschriebenen Apparate ist eine Einstellung erforderlich, bei welcher zwei benachbarte Flächen vom Auge als gleich hell erachtet werden. Das setzt voraus, daß beide Lichtquellen genau die gleiche Farbe haben. In diesem Falle würde ein Farbenblinder genau ebenso einstellen, oder das normale Auge würde dieselbe Einstellung machen, wenn es durch irgend ein farbiges Glas beobachtete. Mit anderen Worten: das Intensitätsverhältnis zweier gleichfarbiger und gleichartiger Lichtquellen ist genau durch dieselbe Zahl ausdrückbar, wie das Verhältnis einzelner Strahlenkomponenten derselben. Auch das Verhältnis der chemischen Intensitäten würde dasselbe sein. Sind dagegen die beiden Lichtfarben von verschiedener Farbe, so sind alle jene Intensitätsverhältnisse untereinander verschieden und auch wieder verschieden von dem Verhältnis der totalen Lichtwirkung. Man kann dieses letztere daher nicht ohne weiteres ermitteln, wenn man lediglich das Verhältnis eines einzelnen Farbenkomplexes, z. B. der roten, der grünen oder der aktinischen Strahlen mißt. Findet man z. B., daß eine elektrische Bogenlampe 100 mal so viel rotes Licht aussendet wie eine Normalkerze, so würde man für blaues Licht vielleicht das 1000 fache finden. Weder die Zahl 100 noch 1000 würde das Aequivalenzverhältnis der

Totalwirkung beider Lichtarten auf das menschliche Auge ausdrücken. Es müßte, um dieses letztere auszudrücken, entweder die Zahl 100 mit einem unechten oder 1000 mit einem echten Bruch multipliziert werden. Ein solcher Koëffizient, mit dem etwa das Messungsresultat für rote Strahlen zu multiplizieren ist, sei k. Derselbe bleibt konstant, solange die beiden Gesamtfarben der verglichenen Lichtquellen dieselben bleiben, aber er ändert sich mit wechselnder Gesamtfarbe. Eine elektrische Glühlampe, welche je nach der Stärke des Stromes bald weißlich, bald rötlich ist, wird also für jedes Glühstadium einen anderen Koëffizienten k besitzen. Eine Originalbestimmung von k muß natürlich dieselben Schwierigkeiten haben wie das Problem überhaupt, verschiedenfarbige Lichter zu vergleichen. Anstatt aber jede einzelne praktische Messung hierdurch zu erschweren und ungenau zu machen, kann man für ganze Klassen von verschieden gefärbten Lichtquellen durch besondere Vorversuche im ungestörten Laboratorium das k ermitteln, sodaß für die praktische Messung einer irgendwo im Betriebe befindlichen Lichtquelle nur die Messung eines bestimmten Strahlenkomplexes nötig ist und außerdem nur die Ermittelung, welche der im Laboratorium untersuchten Lichtarten mit der vorliegenden identisch ist. Es kann die letztere Ermittelung für alle solche Lichtquellen, welche aus mehr oder weniger stark leuchtenden Kohlepartikelchen bestehen, dadurch bewirkt werden, daß man die Intensität derselben in zwei verschiedenen Farbenarten, z. B. in Rot und Grün, mißt. Das Verhältnis dieser Messungsresultate charakterisiert dann die Natur des Lichtes und giebt den zugehörigen Koëffizienten k.

Jene Vorversuche im Laboratorium werden so gemacht: Zwei weiße Flächen *I* und *II* sind mit genau denselben feinen Zeichnungen, Schriftzeichen, Schraffierungen oder dergl. versehen. *I* wird von einer Normalkerze beleuchtet, *II* von der zu untersuchenden Lichtquelle. Man verändert die Beleuchtung von *II* so lange, bis beide Zeichnungen gleich deutlich erkennbar sind, was durch zahlreiche Wiederholungen des Versuches zu konstatieren ist. Die beiden Flächen sind jetzt äquivalent beleuchtet. Nun bestimmt man das Verhältnis ihrer Helligkeiten z. B. durch vor das Auge gehaltenes rotes Glas. Ist *II* etwa $\frac{1}{1,5}$ mal so hell wie *I*, so würde $k = 1,5$ sein. Sogleich mißt man beide Flächen mit vorgehaltenem grünen Glase. Ist jetzt *II* etwa 1,2 mal heller als *I*, so ist

$$\frac{Gr}{R} = \frac{1,2}{1/1,5} = 1,8.$$

Diesem Verhältnisse $\frac{Gr}{R} = 1,8$, welches die vorliegende Lichtart charakterisiert, entspricht also der spezielle Wert $k = 1,5$. Auf diesem Wege ist von L. Weber folgende Zahlentabelle gewonnen.

$\frac{Gr}{R}$	k	$\frac{Gr}{R}$	k
0,3	0,50	1,0	1,00
0.4	0,56	1,1	1,08
0,5	0.64	1,2	1,15
0.6	0,72	1,3	1,22
0,7	0,80	1,4	1,28
0,8	0,87	1,5	1,34
0,9	0,94	1,6	1,40
1,0	1,00	1,7	1,46

Eine Fortsetzung dieser Tabelle, für Bogenlicht und Tageslicht anwendbar, ist:

$\frac{Gr}{R}$	k	$\frac{Gr}{R}$	k
1,8	1,50	3,7	2,24
1,9	1.55	3,8	2,27
2,0	1,60	3,9	2,30
2,1	1,65	4.0	2,33
2,2	1,70	4,1	2,36
2,3	1,75	4,2	2,39
2,4	1,80	4,3	2,41
2,5	1,84	4,4	2,44
2,6	1,88	4,5	2.47
2,7	1,92	4,6	2,49
2,8	1,96	4,7	2,52
2,9	1,99	4,8	2,55
3,0	2,02	4,9	2,57
3,1	2,05	5,0	2,60
3,2	2,08	5,1	2,62
3,3	2,11	5,2	2.64
3,4	2,15	5,3	2,67
3,5	2,18	5,4	2,69
3,6	2,20	5,5	2,71

Es bezieht sich diese Tabelle auf zwei spezielle Farbennuancen, nämlich ein rotes (Kupferoxyd) Glas, dessen maximale Durchlässigkeit bei der Wellenlänge $\lambda = 630{,}5\ \mu$ liegt und ein grünes Glas mit einer Maximaldurchlässigkeit bei $\lambda = 541{,}5\ \mu$. Die Anwendbarkeit dieser Tabelle ist zunächst nur für solche Lichtquellen giltig, welche aus mehr oder weniger stark glühenden Kohleteilchen bestehen. Eine Anwendung auf Tageslicht oder andere künstliche Lichtquellen, wie Auerlicht, Zirkonlicht, ist nur mit einer gewissen Näherung zulässig.

Wählt man als Kriterium für die Aequivalenz zweier verschiedenfarbiger Lichtarten nicht, wie soeben beschrieben, die gleiche Erkennbarkeit feiner Zeichnungen (Methode der Sehschärfe), sondern den bloßen Eindruck gleicher Helligkeit (Methode der Flächenhelligkeit), so wird die Tabelle für k etwas modifiziert werden müssen. Für praktische Beleuchtungsfragen scheint es indessen zweckmäßiger zu sein, die Aequivalenzwerte verschiedenfarbigen Lichtes nach der ersteren Methode anzugeben.

L. Weber, *Die photometrische Vergleichung ungleichfarbiger Lichtquellen*, *Elektrot. Zeitschr.* **(1884) 5. *Bd.* 166—172.**

Macé de Lépinay *et* **Nicati**, *Recherches sur la comparaison des diverses parties d'un même spectre*, *Ann. de chim. et de phys.* (1880) 19. *Bd.*, (1881) 24. *Bd.*, (1883) 30. *Bd.* 1—70; *Journ. de phys.* (1883) 2. *Bd* 64; *De la distribution de la lumière dans le spectre solaire*, *C. R.* (1880) 91. *Bd.* 1078.
O. Schumann, *Ueber die Farbe und Helligkeit des elektrischen Glühlichtes*, *Elektrot. Zeitschr.* (1884) 5 *Bd. April.*
N. Mänz, *Spektrophotometrische Untersuchungen an trüben Medien*, *Diss. Marburg* 1885.
Bruno Kolbe, *Ueber den Einfluſs der relativen Helligkeit und der Farbe des Papieres auf die Sehschärfe*, *Pflüger's Arch.* (1885) 37. *Bd.* 562—581; *Zur Vergleichbarkeit der Pigmentfarbengleichungen*, *Centralbl. f. praktische Augenheilk.* (1885) *Juli; Zur Analyse der Pigmentfarben*, *Graefe's Arch.* (1884) 30. *Bd.*
Lummer *u.* **Brodhun**, *Ueber ein neues Spektralphotometer*, *Zeitschr. f. Instrum.-K.* (1892) 12. *Bd.* 133.
K. Vierordt, *Die Anwendung des Spektralapparates zur Photometrie der Absorptionsspektren etc.*, *Tübingen* 1873, *H. Laup*; *Pogg. Ann.* 137. *Bd.* 200; *Wied. Ann.* (1881) 13. *Bd.* 338.
Fraunhofer, *Gilbert's Ann.* (1817) 56. *Bd.* 297.
Helmholtz, *Handb. d. physiol. Optik*, *Karsten*, *Encykl. d. Phys.* 9. *Bd.*
A. Crova, *Photométrie des foyers intenses de lumière*, *C. R.* (1884) 99. *Bd.* 1067.
L. Weber, *Zur heterochromen Photometrie*, *Centr.-Z. f. Opt. u. Mech.* (1885) 6. *Bd.* 245.
Trannin, *Mesures photométriques dans le spectre*, *Journ. d. phys.* (1876) 5. *Bd.* 297.
Glan, *Ueber ein neues Photometer*, *Wied. Ann.* (1877) 1. *Bd.* 351.
H. C. Vogel, *Spektralphotom. Unters.*, *Berl. Monatsber.* (1877) *März*, (1880) 801.
A. Crova, *Etudes spectro-photométriques*, *C. R.* (1878) 87. *Bd.* 322.
O. E. Meyer, *Ueber die Farbe des elektr. u. des Gaslichtes*, *Zeitschr f. angew. El.-Lehre* (1879) 1. *Bd.* 320 *und* (1883) 5. *Bd.* 458.
J. W. Draper, *New form of spectro-photometer and on the distribution of intensity of light in the spectrum*, *Phil. Mag.* (5) 8. *Bd.* 75.
A. Cornu, *Etudes photométriques*, *Journ. d. phys.* (1881) (2) 2. *Bd.* 64.
A. Crova *u.* **A. Lagarde**, *Détermination du pouvoir éclairant des radiations simples*, *C. R.* (1881) 93. *Bd.* 959.
H. Wild, *Ueber die Verwandlung meines Photometers in ein Spektrophotometer*, *Rep. d. Phys.* (1883) 19. *Bd* 512.
O. N. Rood, *Quantitative Analyse des weiſsen Lichtes*, *Fortschr. d. Phys.* (1879) 424; *Photometrische Vergleichung von Licht verschiedener Farben*, *Sill. Journ.* (1878) (3) 15. *Bd.* 81; *Fortschr. d. Phys.* (1879) 425.
W. von Jahn, *Ueber ein Spektrophotometer*, *Sitzungsber. der Naturf. Gesellsch. zu Leipzig* (1878) 1—4.

12. Messung des diffusen Lichtes.

Einen ziffernmäßigen Ausdruck für die Stärke des diffusen Lichtes erhält man durch folgende schärfere Präzisierung der Aufgabe. Es soll ermittelt werden, wie groß die Lichtmenge ist, welche vermöge des diffusen Lichtes auf die Flächeneinheit einer ebenen Fläche fällt, die an dem zu untersuchenden Platze in einer ganz bestimmt gewählten Lage (horizontal, vertikal, unter 45° geneigt oder dergl.) aufgestellt ist. Beispielsweise kann also gefragt werden, wie groß ist die Lichtmenge, welche auf die horizontale Fläche eines Tisches in einem bestimmten von diffusem Licht erfüllten Raume fällt. Bezieht man diese Lichtmenge auf die Flächeneinheit, so wird dieselbe bezeichnet als indizierte Helligkeit jener Fläche. Das Maß hierfür ist die Meterkerze, d. h. diejenige Lichtmenge, welche von der Lichteinheit (z. B. dem Hefnerlicht) bei senkrechter Incidenz aus 1 m Distanz auf jene Fläche gesandt werden würde. Findet man etwa für eine in bestimmter Lage aufgestellte Fläche eine indizierte Helligkeit von 20 Meterkerzen, so heißt dies, daß 20 in 1 m Distanz aufgestellte Normalkerzen ebensoviel Licht auf die Fläche fallen lassen würden, als vom diffusen Licht herrührt. Es ist wesentlich, hierbei zu beachten, daß ein solcher Zahlenausdruck des diffusen Lichtes unabhängig ist von der physikalischen Beschaffenheit jener Fläche und ebenso auch unab-

hängig von ihrer absoluten Größe. Die Messungsmethode jedoch, welche diesen Zahlenwert liefert, erfordert es naturgemäß, an dem Platze der Untersuchung eine weiße Tafel von dem diffusen Lichte beleuchten zu lassen, deren Reflexionsfähigkeit (Albedo) zwar beliebig, jedoch genau die gleiche wie in einem zweiten (Vor-)Versuch ist, bei dem dieselbe Tafel lediglich von dem in gemessener Entfernung aufgestellten Normallichte beleuchtet wird. Das Verhältnis der beiden Flächenhelligkeiten der Tafel in diesen zwei Versuchen giebt den Wert des diffusen Lichtes in Meterkerzen.

Für die **praktische Ausführung der Messung des diffusen Lichtes** ist insbesondere das vorher beschriebene Milchglasphotometer bestimmt.

Man legt auf den zu messenden Tischplatz einen mattweißen Karton von etwa 20 cm Seite im Quadrat und richtet nun den beweglichen Tubus B auf die Mitte des Kartons, nachdem zuvor das Milchglas bei g ganz entfernt ist. Der Abstand des Photometers vom Karton und seine Neigung gegen denselben ist hierbei gleichgiltig, falls man die Achsenrichtung von B nicht um viel mehr als etwa 30° von der auf dem Karton Senkrechten abweichen läßt. Der Apparat wird jetzt ebenso, wie oben beschrieben, eingestellt. Ist r die Ablesung an der Skala, so ist die indizierte Helligkeit $h = C' \frac{1}{r^2}$, worin C' wiederum ein konstanter Koëffizient ist. Denselben bestimmt man ein für allemal, indem man im Dunkelzimmer denselben weißen Karton von einer Normalkerze genau senkrecht beleuchten läßt und den Tubus B aus beliebiger Distanz schräg auf die Mitte des Kartons richtet. Die Distanz der Normalkerze vom Karton sei R meter (passend nimmt man z. B. $R = 0{,}5$ m), dann ist die indizierte Helligkeit des Kartons $h_1 = \frac{1}{R^2}$ Meterkerze (also im Beispiel $h_1 = 4$ M. K.). Hat man das Photometer eingestellt und liest r_1 an dessen Skala ab, so ist $h_1 = C' \frac{1}{r_1^2}$; mithin nach Einsetzung des Wertes für h_1 $C' = \frac{r_1^2}{R^2}$, oder wenn man auch R ebenso wie r nach cm ausmißt,

$$C' = 10\,000 \frac{r_1^2}{R^2}.$$

Wird die zu messende Helligkeit so groß, daß eine Einstellung des Photometers nicht mehr möglich wird, so schiebt man bei g eine oder mehrere mattgeschliffene und bei noch größerer Helligkeit eine oder mehrere Milchgläser ein. In allen Fällen bleibt die Formel dieselbe, nur wird dieser verschiedenen Montierung entsprechend der Wert von C' jedesmal ein anderer, und für die Aufstellung des Photometers kommt die Beschränkung hinzu, daß Tubus B nicht mehr über eine gewisse Distanz von der Tafel entfernt werden darf.

Die auch bei dem diffusen Licht auftretende Schwierigkeit der Farbenabweichung vom Normallicht wird durch Doppelmessung mit vorgeschalteten roten und grünen Gläsern und durch Benutzung der Tabelle für k, ebenso wie S. 57 beschrieben, beseitigt.

L. **Weber**, *Mitteilung über einen photom. App.*, *l. c.*

13. Messung der Flächenhelligkeit.

Anzugeben, wie hell eine bestimmte Stelle des Himmels, eine Wolkenfläche, eine graue Wandfläche und dergl. sind, ist offenbar eine von der Messung der indizierten Helligkeit verschiedene Aufgabe. Als Maßeinheit hierfür gilt die von der Intensitätseinheit (Normalkerze) abgeleitete Einheit der Flächenhelligkeit, entweder die primäre oder die sekundäre (s. oben, 9 Abgel. Einh. [S. 48]). Im Falle die primäre Einheit zu Grunde gelegt wird, d. h. wenn die Helligkeit derjenigen Fläche = 1 gesetzt wird, von welcher 1 qcm ebensoviel Licht in senkrechter Richtung aussendet wie die Normalkerze, blendet man von der zu messenden hellen Fläche ein Stück ab, indem ein schwarzer Schirm mit quadratischer oder kreisrunder Oeffnung vor dieselbe gestellt wird. Das von dieser Oeffnung kommende Licht photometriert man genau so wie eine punktförmige Lichtquelle, was erlaubt ist, wenn die Dimensionen der Schirmöffnung verschwindend klein gegen den Abstand des Schirmes vom Photometer sind. Sei F die Schirmöffnung in qcm gemessen und J die gemessene Lichtintensität in Normalkerzen, dann ist die fragliche Helligkeit der Fläche $\mathfrak{H} = \frac{J}{F}$ primärer Helligkeitseinheiten $= \frac{J}{F} . 31416 = \mathfrak{h}$ sekundärer Helligkeitseinheiten. Man kann eine solche Messung bequem mit dem Milchglasphotometer machen. Zu diesem Zweck ersetzt man den Abblendungskonus durch ein leichtes, innen geschwärztes, 20—30 cm langes Rohr, dessen vorderes Ende durch einen Deckel mit kreisförmiger Oeffnung von circa 5 cm Durchmesser geschlossen ist, und richtet den Tubus B mitsamt diesem aufgesetzten Rohre gegen die zu messende helle Fläche. Die Rechnungsformel ist alsdann

$$\mathfrak{H} = C . \frac{R^2}{r^2} . \frac{1}{F},$$

worin C die oben definierte Konstante, R jene Rohrlänge von 20—30 cm zwischen Deckelöffnung und Milchglasscheibe in g, r die Ablesung am Photometer und F den Flächeninhalt der Deckelöffnung in qcm bedeutet. Schreibt man die Formel $\mathfrak{H} = \mathfrak{C} \frac{1}{r^2}$, so ist die Konstante $\mathfrak{C}$ außer von der inneren Montierung des Photometers abhängig von den Dimensionen des vorgesetzten Rohres. Wenn man daher dieses bei einem zweiten Versuch durch den kurzen und erheblich weiter geöffneten Konus k ersetzt, so ändert sich in der Formel $\mathfrak{C}$ und wird etwa $\mathfrak{C}'$. Durch abwechselndes Messen mit Rohr und mit Konus k erhält man das Verhältnis $\frac{\mathfrak{C}'}{\mathfrak{C}}$ und daraus, wenn $\mathfrak{C}$ vorher berechnet ist, $\mathfrak{C}'$. Da $\mathfrak{C}'$ bedeutend kleiner als $\mathfrak{C}$, so erkennt man, daß nun mit der Konusmontierung Flächenhelligkeiten gemessen werden können, deren absoluter Betrag viel kleiner ist und für welche man das Photometer wegen zu großer Dunkelheit im Gesichtsfelde gar nicht hätte einstellen können bei der Montierung mit dem langen Rohre. Eine solche stufenweise Bestimmung der Helligkeiten bezw. der Konstanten wird auch bei etwaigen Modifikationen des Messungsverfahrens nicht zu vermeiden sein. Denn die in Betracht kommenden hellen Flächen variieren ihrem absoluten Helligkeitswerte nach in enorm weiten Grenzen. So ist z. B. die Helligkeit einer sonnenbeschienenen Wolke circa 20000mal größer als die Helligkeit eines weißen Kartons, welcher der indizierten Helligkeit von 1 Meterkerze ausgesetzt ist.

Das beschriebene Verfahren der Messung von Flächenhelligkeiten giebt zugleich auch das Mittel, die Albedo, d. h. die Reflexionsfähigkeit von diffus reflektierenden Flächen zu finden. Denn diese ist $\mu = \frac{\mathfrak{h}}{h}$, wenn $\mathfrak{h}$ die durch die Beleuchtung erworbene Flächenhelligkeit und h die indizierte Helligkeit ist. $\mathfrak{h}$ ist dabei nach sekundären Einheiten auszudrücken.

14. Der photometrische Kalkül.

Man versteht hierunter die rechnerische Lösung der Aufgabe: Gegeben punktförmige Lichtquellen oder helle Flächen, und in gegebener Position Körper, welche von jenen beleuchtet werden; gesucht die für die einzelnen Oberflächenstellen der letzteren von jenen indizierten Helligkeiten.

Als Grundlage dient hier das von Lambert aufgestellte Beleuchtungsgesetz. Es sei F (Fig. 10) die gegebene als Lichtquelle betrachtete helle Fläche von der Flächenhelligkeit $\mathfrak{H}$. f sei das von ihr beleuchtete Flächenstück. Beide Flächenstücke mögen sehr klein im Vergleich zu ihrer Entfernung r sein. Es bilde ferner die auf F Senkrechte mit der Linie r den sog. Emanationswinkel e und die auf f Senkrechte bilde mit r den sog. Incidenzwinkel i. Dann ist die auf f fallende Lichtmenge

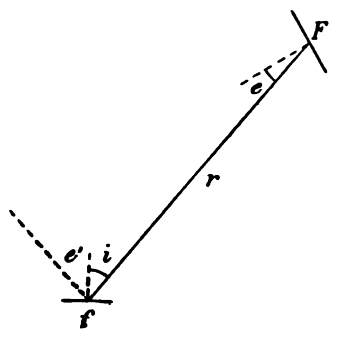


Fig. 10.

$$q = \frac{\mathfrak{H} \cdot F \cdot f \cdot \cos e \cdot \cos i}{r^2}$$

oder es ist die für f durch F indizierte Helligkeit

$$h = \frac{q}{f} = \frac{\mathfrak{H} \cdot F \cdot \cos e \cdot \cos i}{r^2} \text{*)}$$

Dieser Lambert'schen Formel liegt die Annahme zu Grunde, daß die Lichtemanation der Fläche F nach allen Seiten eine gleichmäßige sei, oder anders ausgedrückt, daß F, unter jedem Winkel betrachtet, dem Auge immer gleich hell erscheint. In der That giebt es solche Flächen. Es sind das die glühenden festen Körper. Näherungsweise verhalten sich auch gewisse Körper mit matten Oberflächen, z. B. weißer mit Magnesia eingestäubter Karton, Gips etc., welche ihr Licht selbst erst durch Beleuchtung erhalten haben, ebenso wie glühende Körper.

*) Wenn in dieser Formel F und r durch dieselbe Längeneinheit (cm) ausgemessen werden, so ist die Einheit der indizierten Helligkeit diejenige Lichtmenge, welche auf die Fläche eines qcm bei senkrechter Emanation und Incidenz geworfen wird von einer 1 cm entfernten Fläche von 1 qcm und der Helligkeit 1 (Centimeterkerze). Mifst man r dagegen durch eine hundertmal gröfsere Längeneinheit (1 m) aus, so bleibt die Formel dieselbe

$$= \frac{q}{f} = \frac{\mathfrak{H} \cdot F \cdot \cos e \cdot \cos i}{r^2.},$$

aber Einheit für h ist jetzt die Meterkerze, falls $\mathfrak{H}$ die primäre von der Kerze abgeleitete Flächenhelligkeitseinheit ist, und falls r in Metern, F in qcm gemessen wird.

Aus der Lambert'schen Formel wird hergeleitet, daß die Helligkeit, welche die Fläche f vermöge der ihr von F her zu teil werdenden Beleuchtung selber bekommt, und welche $\mathfrak{H}'$ heißen möge,

$$\mathfrak{H}' = \frac{\mu}{\pi} \cdot h = \frac{\mu}{\pi} \frac{\mathfrak{H} \cdot F \cdot \cos e \cdot \cos i}{r^2} \text{*)}$$

ist. Darin ist μ die Reflexionsfähigkeit oder Albedo von f und π ist die Zahl 31.416 . . .

Die Gleichung gilt strenge nur für solche Flächen f, deren Helligkeit $\mathfrak{H}'$ für jeden beliebigen Incidenzwinkel i der indizierten Helligkeit h proportional ist und welche außerdem bei beliebigem Incidenzwinkel i das Licht vollkommen gleichmäßig wieder aussenden, also aus jeder beliebigen Richtung e' gesehen, immer die gleiche Helligkeit zeigen. Lommel und Seeliger setzen für diese erworbene Helligkeit der Fläche f je nach der Richtung e', unter welchem dieselbe beobachtet wird:

$$\mathfrak{H}'_{(e')} = \frac{\mathfrak{H} \cdot F \cdot \cos e \cdot \cos i}{\pi \cdot r^2} \cdot \frac{\cos e'}{k \cos i + \cos e'} \cdot B$$

worin B ein von der molekularen Reflexionsfähigkeit der Fläche F abhängiger Zahlenfaktor ist und k eine weitere Konstante bedeutet. Von einer eingehenderen Begründung dieser letzteren Formel, welche eine Erörterung der schwierigsten optischen Theorien erfordern würde, mag hier um so mehr abgesehen werden, als eine Verwendung der Formel für die praktischen Fragen der Beleuchtung vorläufig noch nicht nötig erscheint.

Lambert *siehe S.* 42.
Bouguer *siehe S.* 43.
A. Beer, *Grundriß des photometrischen Kalküls, Braunschweig* 1854.
G. Recknagel, *Lambert's Photometrie, Preisschrift, München* 1861.
Zöllner, *Theorie der relativen Lichtstärke der Mondphasen, Leipzig* 1865.
W. Möller, *Photometrische Untersuchungen, Wied. Ann.* (1884) 24. *Bd* 266.
H. Seeliger, *Bemerkungen zu Zöllner's photom. Unt., Vierteljschr. der Astr. Ges.* 21. *Bd* 3. *Heft*; *Zur Photometrie zerstreut reflektierender Substanzen, Sitzungsber. d. Akad München* (1888) 2. *Heft* 201—248; *Zur Theorie der Beleuchtung der grofsen Planeten, insbesondere des Saturn, Abh. d. Akad. München, II. Kl.* 16. *Bd. II. Abt.* 1—114.
E. Lommel, *Photometrie der diffusen Zurückwerfung, Wied. Ann.* (1889) 36. *Bd.* 473.
A. Stuhlmann, *Die von einem Punkte gleich erleuchteten Linien und Flächen, Diss. Göttingen* 1864.
L. Burmester, *Elemente einer Theorie der Isophoten, Diss. Göttingen* 1865.
Olivier, *Applications de la géometrie descriptive aux ombres, Paris* 1847.
Leroy, *Traité de stéréometrie comprenant les applications de la géometrie à la théorie des ombres, Paris* 1844.
Tilscher, *Lehre von den geometr. Beleuchtungsprojektionen, Wien* 1882.
J. Rheinauer, *Grundzüge der Photometrie, Halle* 1862.

15. Anwendungen der Lambert'schen Formel.

Die Lambert'sche Grundformel geht für den Fall, daß an Stelle der beleuchtenden Fläche F (Fig. 10) eine punktförmige Lichtquelle von der Intensität J gesetzt wird, über in

$$q = \frac{J \cdot f \cdot \cos i}{r^2}$$

*) In dieser Gleichung ist $\mathfrak{H}'$ nach primären Helligkeitseinheiten ausgedrückt, wenn h nach Centimeterkerzen gemessen ist. Sollen dafür die π . 10 000mal kleinere sekundäre Helligkeitseinheit und andererseits die 10 000mal kleinere Meterkerze eingeführt werden, so wird die Gleichung $\mathfrak{h} = \mu \cdot h$, worin nun $\mathfrak{h}$ die nach sekundärer Einheit gemessene Flächenhelligkeit von f und h ihre indizierte Helligkeit nach Meterkerzen bedeutet.

und hieraus ergiebt sich die zugehörige Formel für die indizierte Helligkeit h der Fläche f

$$h = \frac{q}{f} = \frac{J \cdot \cos i}{r^2}$$

Aufgabe 1. Es soll die indizierte Helligkeit einer Fläche f berechnet werden, wenn als Lichtquelle eine (als punktförmig betrachtete) Flamme von der Intensität J gegeben ist, deren seitlicher Abstand von f a meter und deren Höhe über der Fläche f b meter sei.

Die letzte Formel ist hierauf in Anwendung zu bringen. In derselben ist

$$\cos i = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}},$$

mithin ergiebt sich, da $r^2 = a^2 + b^2$

$$h = \frac{J \cdot b}{(a^2 + b^2)\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{J \cdot b}{(a^2 + b^2)^{3/2}}$$

Es giebt diese einfache Lösung zugleich das Mittel an die Hand, die indizierte Helligkeit H der Fläche f zu berechnen, wenn nicht bloß eine, sondern mehrere Lichtquellen gegeben sind. Sind nämlich h h_1 h_2 ... die von diesen einzelnen Lichtquellen herrührenden und in der gezeigten Weise berechneten indizierten Helligkeiten, so ist $H = h + h_1 + h_2 + \ldots$

Die indizierte Helligkeit eines Tischplatzes, der zugleich von mehreren Flammen oder Lampen beleuchtet wird, kann hiernach berechnet werden, sobald die Intensitäten der Flammen und deren seitlicher und Höhenabstand bekannt sind. Es möge jedoch darauf hingewiesen sein, daß im allgemeinen die Lichtemission der Lampen und auch der flachen offenen Flammen nach verschiedenen Richtungen, sowohl horizontal ringsherum als auch in vertikaler Ebene verstanden, eine variable ist. Es muß daher diejenige spezielle Intensität der Lampen zuvor gesucht werden, welche für die Richtung nach dem beleuchteten Tischplatz zu giltig ist. Es ist dies vermittelst des drehbaren Tubus B am Milchglasphotometer zu bewerkstelligen. Für die praktische bequeme Durchführung dieser Rechnungen ist von L. Weber eine Kurventafel gezeichnet und herausgegeben worden.

Wird ein Tischplatz von einer Lampe beleuchtet, welche etwa als Hängelampe auf und abwärts gesenkt werden kann, ohne dabei ihren seitlichen Abstand von dem Platze zu ändern, so ergiebt die Lösungsformel der Aufgabe 1, daß ein Maximum der indizierten Helligkeit, also die günstigste Beleuchtung für den Tischplatz eintritt, wenn sich der seitliche Abstand zum Höhenabstand verhält wie 1:0,70711, d. h. wenn die Linie von der Lampe zum Platz einen Winkel von 35° 16′ mit der Horizontalen bildet.

Liegt das beleuchtete Flächenstück f nicht, wie bisher angenommen, in der Horizontalen, sondern vertikal oder schräg, so müssen nun die Größen a und b in entsprechend geneigten Richtungen gemessen werden.

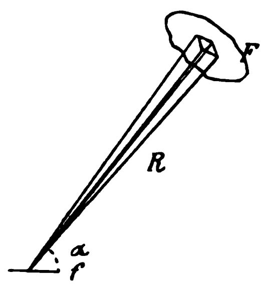


Fig. 11.

Aufgabe 2. Es sei eine helle Fläche F

(Fig. 11) von der Helligkeit $\mathfrak{H}$ im Abstande R von der beleuchteten Fläche f gegeben. Die Verbindungslinie R zwischen F und f mache mit letzterer einen Winkel α. Außerdem sei angenommen, daß F senkrecht zu R liege. Es soll die für f indizierte Helligkeit berechnet werden.

Nach der Lambert'schen Grundformel ergiebt sich, da $\cos e = \cos 0^0 = 1$ ist und $\cos i = \sin \alpha$

$$h = \frac{\mathfrak{H} \,.\, F \,.\, \sin \alpha}{R^2}$$

Dieser Lösung kann eine etwas andere Form gegeben werden durch die Bemerkung, daß $\frac{F}{R^2}$ nichts anderes ist als der Raumwinkel, unter welchem die Fläche F von f aus gesehen erscheint. Es wird dieser Raumwinkel durch denjenigen Konus gebildet, der seine Spitze in f hat und dessen Mantelfläche durch die Grenzkurve von F markiert ist. Wir wollen die Fläche F ausmessen durch ein Quadrat, welches auf F konstruiert wird, dessen Seiten gerade 1 Bogengrad des mit R geschlagenen Kreises betragen (Quadratgrad). Die Flächengröße dieses Quadrates wird sein

$$\left(\frac{2\pi R}{360}\right)^2 = \left(\frac{2\pi}{360}\right)^2 . R^2$$

Es mögen nun Ω solcher Quadrate in F enthalten sein. Dann ist also

$$F = \Omega \,.\, \left(\frac{2\pi}{360}\right)^2 . R^2$$

und nach Einsetzung dieses Wertes für F in obige Gleichung für h wird

$$h = \mathfrak{H} \,.\, \sin \alpha \,.\, \Omega \,.\, \left(\frac{2\pi}{360}\right)^2 .$$

Man erkennt aus dem Umstande, daß R jetzt aus der Formel herausgefallen ist, ebenso wie F, daß man h berechnen kann durch bloßes Ausmessen von Ω, und daß es somit für die Beleuchtung von f gleichgiltig ist, wie weit die Fläche F entfernt ist, und auch gleichgiltig ist, ob sie senkrecht auf R steht, wenn nur Ω denselben Wert behält. Daraus folgt, daß die vorstehende Lösung ihre unmittelbare Anwendung auch für den Fall findet, daß eine Fläche f von einem Stück Himmelsfläche beleuchtet ist, bei dem ja von einem bestimmten Abstand R überhaupt nicht gesprochen werden kann, ebensowenig wie von einer Ausmessung der wirklichen Flächengröße. In diesem Falle ist man also geradezu gezwungen, den Raumwinkel Ω zu messen und das h nach der letzten Formel zu berechnen, während man in Fällen, wo F und R zugänglich sind, auch nach der vorhergehenden Formel rechnen kann.

Bezeichnen wir noch $\Omega \,.\, \sin \alpha$ (Raumwinkel mal dem Sinus des Elevationswinkels) als den reduzierten Raumwinkel ω, so wird

$$h = \mathfrak{H} \,.\, \omega \,.\, \left(\frac{2\pi}{360}\right)^2 = \mathfrak{H} \,.\, \omega \,.\, 0{,}00030462 \text{*)}$$

---

*) In dieser Gleichung ist h nach Centimeterkerzen, $\mathfrak{H}$ nach primären Helligkeitseinheiten gemessen. Soll dafür links die 10 000 mal kleinere Meterkerze, rechts die π . 10 000 mal kleinere sekundäre Einheit der Helligkeit treten, so wird die Formel

$$\mathrm{h} = \frac{\mathfrak{h} \,.\, \omega}{\pi} \left(\frac{2\pi}{360}\right)^2 = 0{,}00096963 \,.\, \mathfrak{h} \,.\, \omega$$

Beträgt z. B. der reduzierte Raumwinkel des für die Beleuchtung eines Platzes in Betracht kommenden Himmels 100 und ist die Helligkeit desselben Himmelsstückes = 8000

In welcher Weise Ω und α mittels eines Raumwinkelmessers direkt gemessen werden kann, soll sogleich gezeigt werden. Es dient hierzu der von L. Weber angegebene Raumwinkelmesser.

L. Weber, *Kurven zur Berechnung der von künstlichen Lichtquellen indizierten Helligkeit, Berlin, Jul. Springer*, 1885.
H. Krüss, *Ueber Maß und Verteilung der Beleuchtung, Centralbl. f. Elektrot.* (1885) 670.
Liebenthal, *Das Parallelogramm der Maximalbeleuchtungsstärken und die Frage nach der größtmöglichsten Beleuchtung eines um einen festen Punkt drehbaren Ebenenstücks, wenn zwei oder mehrere Lichtquellen vorhanden sind, Journ. f. Gasbel.* (1889).
L. Weber, *Beschreibung eines Raumwinkelmessers, Zeitschr. f. Instr.-K.* (1884) *4. Bd.* 343.

16. Der Raumwinkelmesser.

Die Konstruktion und Wirkungweise dieses Apparates beruht darauf, daß mittels einer auf dem Maßstabe T (Fig. 12) verschiebbaren Linse ein Bild der Fensteröffnung auf eine in gleiche Quadrate geteilte Papierscheibe geworfen wird. Zieht man nämlich von den Randpunkten des auf dem Papiere sichtbaren hellen Himmelsbildes gerade Linien nach dem Mittelpunkte (genauer nach dem zweiten Hauptpunkte) der Linse, so bilden diese Linien genau denselben räumlichen Winkel wie diejenigen Strahlen, die von den Randpunkten des Fensters nach dem Mittelpunkte (genauer dem ersten Hauptpunkte) der Linse oder, was auf nahezu das gleiche Resultat herauskommt, nach einem Punkte der Tischfläche gezogen werden. Richtet man nun die Größe der Quadrate in bestimmtem Verhältnis zu der Brennweite *) der Linse ein, so hat man nur nötig, die Anzahl derjenigen Quadrate des Papieres zu zählen, welche von dem hellen Himmelsbilde bedeckt werden. Diese Zahl giebt die Größe des zu messenden Raumwinkels in Quadratgraden an. Es ist dies der rohe, nicht reduzierte Raumwinkel Ω. Wenn man ferner den Apparat gleichzeitig so aufgestellt hat, daß der Mittelpunkt oder Schwerpunkt des hellen Fensterbildes auf die durch einen Stift C markierte Mitte der Papierscheibe fällt, so giebt die Linie: Linsenmitte—Stift zugleich die mittlere Richtung der Lichtstrahlen an, und man liest den Winkel α dieser Richtung gegen die Horizontalebene an einem Gradbogen B ab. Damit ist der reduzierte Raumwinkel $\omega = \Omega \,.\, \sin \alpha$.



Fig. 12.

Soll das beschriebene Verfahren genau sein, so sind streng genommen zwei Voraussetzungen gemacht, nämlich 1) daß die von dem hellen

sek. Einheiten gemessen, so ist die indizierte Helligkeit $100 \times 8000 \times 0{,}000096963$ oder angenähert

$$\frac{100 \times 8000}{10\,000} = 80 \text{ M. K.}$$

*) Bei einer Brennweite von 11,459 cm hat jeder Quadratgrad genau 2 mm Seitenlänge.

Bilde bedeckte Papierfläche eine verschwindend kleine sei, und 2) daß der Linsenabstand ein für allemal derselbe sei. Beide Voraussetzungen werden nicht streng erfüllt. Man berücksichtigt die hieraus resultierenden kleinen Fehler folgendermaßen.

1) Im Falle größerer Fensteröffnungen oder mehrerer Fenster mißt man für die einzelnen Teile derselben Ω und α. Alle die hieraus resultierenden Einzelprodukte $\Omega \sin \alpha$ werden addiert und geben den gesamten reduzierten Raumwinkel.

2) Hat man infolge zu großer Nähe am Fenster eine merkliche Verschiebung der Linse aus ihrem normalen Abstande $l_1 = 11{,}4$ cm nötig, um ein scharfes Bild zu bekommen, so korrigiert man die beobachtete Zahl von Quadratgraden im Verhältnis von $l^2 : l_1^2$, wenn l die abgelesene Distanz der Linse ist.

Zur Erleichterung des Auszählens der Quadrate dient es, wenn ein oder mehrere Grenzlinien des Himmelsbildes parallel mit den Linien des Papiers laufen. Deswegen ist das liniierte Papier auf einer Scheibe befestigt, welche auf dem Brette P drehbar ist.

Das Grundbrett G des Apparates soll horizontal liegen. Dies wird durch Verstellung der Fußschrauben bewirkt mit Hilfe einer Libelle L.

L. Weber, *l. c.*; *Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch des Raumwinkelmessers, als Manuskript gedr., Schmidt u. Hänsch, Berlin.*

17. Die Lichtgüte eines vom Tageslicht beleuchteten Arbeitsplatzes.

Nehmen wir an, daß ein horizontaler Tischplatz in Bezug auf seine Beleuchtung durch Tageslicht untersucht werden solle. Es handelt sich also um die von dem Tageslicht für jenen Tischplatz indizierte Helligkeit h nach Meterkerzen. Man kann dieses h nun einerseits direkt messen, wie das oben unter 12 beschrieben ist, mittels des Milchglasphotometers. Man würde dann, wie leicht erklärlich, Werte von h erhalten, welche, den beständigen Schwankungen des Tageslichtes entsprechend, vom Morgen bis zum Abend, vom Winter zum Sommer unaufhörlich in ihrer Größe wechseln und, selbst etwa bloß in der Mittagsstunde gemessen, im Laufe des Jahres vom Einfachen bis zum Hundertfachen sich ändern würden. Andererseits findet man denselben Wert von h nach der Formel in Anm. zu 15 S. 64, indem man zunächst den Raumwinkel Ω mißt, unter welchem von dem Tischplatze aus das beleuchtende Himmelsstück erscheint, sodann dieses Ω mit dem Sinus des Elevationswinkels α multipliziert, wodurch ω gefunden wird, und außerdem die gerade vorhandene Himmelshelligkeit $\mathfrak{h}$ (nach sekundären Einheiten) mißt. Falls man das von den Wänden des Zimmers (die zunächst einmal schwarz angenommen seien) herrührende Licht vernachlässigt, müssen beide Wege zu demselben Werte von h führen. Der zweite Weg ist nun dadurch ausgezeichnet, daß in der Formel für h getrennt gemessen werden 1) die für einen Tischplatz jahraus jahrein unveränderliche Größe ω und 2) die fortwährend sich ändernde Größe $\mathfrak{h}$. Nehmen wir an, daß die wechselnden Werte von $\mathfrak{h}$ für die einzelnen Stellen des Himmelsgewölbes etwa ihrem jährlichen oder monatlichen Mittel nach bekannt wären, dann würde die Ausmessung von ω sofort den dieser mittleren Helligkeit $\mathfrak{h}$ entsprechenden Wert von h ergeben.

Da es nur eine Frage der Zeit ist, daß wir in der Lage sein werden, die Durchschnittswerte der Himmelshelligkeit für jede Stelle des Himmels (N, O, S, W) und für jeden Zeitpunkt des Tages oder Jahres, sowie für jeden Ort aufzustellen, so giebt die Ausmessung von ω bereits im wesentlichen ein Maß für die auf dem betreffenden Platze zu erwartenden Helligkeiten. Dieses Maß ist um so genauer, je mehr das von den Zimmerwänden diffus reflektierte Licht gegen das direkte Himmelslicht vernachlässigt werden kann, und je genauer die dem gerade sichtbaren Himmelsstück entsprechende Helligkeit $\mathfrak{h}$ ihrem Durchschnittswerte nach bekannt ist.

Man darf also nicht, wie das von Herrn E. Gillert supponiert und dann treffend als falsch nachgewiesen wird, annehmen, daß die Kenntnis des Raumwinkels allein schon ein zutreffendes Maß der Helligkeit giebt. Aber man darf nach dieser Erkenntnis auch nicht den weiteren Schluß machen, daß die Messung des Raumwinkels überflüssig sei. Das, was vom hygienischen Interesse aus ermittelt werden soll, ist die Helligkeit eines bestimmten Platzes. Dazu gehört die Kenntnis von zwei Faktoren ω und $\mathfrak{h}$, der Helligkeit desjenigen speziellen Himmelsstückes, welches von dem betreffenden Platze aus sichtbar ist. Da man für $\mathfrak{h}$ schon jetzt annähernde Durchschnittswerte, Maxima und Minima angeben kann, so ist das die einzelnen Plätze in demselben und in verschiedenen Zimmern wesentlich charakterisierende und unterscheidende Element der Raumwinkel ω. Selbst in dem extremsten Falle, in welchem von zwei Plätzen gleichen Raumwinkels der eine vom Südhimmel, der andere vom Nordhimmel beleuchtet ist, wird die Helligkeit des ersteren durchschnittlich auf höchstens das 2—3-fache des letzteren zu veranschlagen sein, während die Unterschiede des Raumwinkels an verschiedenen Plätzen leicht das Zehn- und Hundertfache erreichen.

Der Raumwinkel muß demnach als der eigentlich entscheidende Faktor für die Lichtgüte eines vom Tageslicht beleuchteten Platzes angesehen werden. Die Berücksichtigung desjenigen diffusen Lichtes, welches von den Wänden des Zimmers und allen im Zimmer befindlichen Gegenständen herrührt, ändert dies Resultat wenig, da die Helligkeit eines Platzes mit einigermaßen großem Raumwinkel nur nach wenigen Prozenten vom diffusen Licht der Wände vermehrt wird. Bei Plätzen mit kleinerem Raumwinkel partizipiert dagegen das Wandlicht in immer höherem Grade an der Helligkeit, bis es bei Plätzen vom Raumwinkel 0 ganz allein die Quelle der Helligkeit des Platzes bleibt. Für solche Plätze, die in der Regel*) und im Durchschnitt schon unter dem für Lesen und Schreiben hygienisch erforderlichen Mindestmaß der Beleuchtung zurückbleiben, ist die Farbe und Reflexionsfähigkeit der Wände von großer Bedeutung.

Solange nun genauere Zahlen über die Helligkeit des Himmels im Mittel zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten, sowie an verschiedenen Stellen des Himmels nicht vorlagen, war es sehr wohl berechtigt, wenn H. Cohn die Regel aufstellte, daß ein Platz mit weniger als 50**) reduzierten Raumwinkelgraden als ungenügend beleuchtet zum

---

*) Nach E. Gillert kommen ausnahmsweise (bei hellem Wetter und hellen Wänden) Plätze vor, deren Raumwinkel Null ist und welche doch eine indizierte Helligkeit von 25 M. K. besitzen.

**) Auf diese Zahl 50 kommt man auch, wenn man die Helligkeit des Himmels an ziemlich dunklem Tage = 2000 (sek. Hell. Einh.) setzt und als Mindestmafs der Helligkeit 10 M. K. verlangt. Dann wird diese indizierte Helligkeit $h = 50 \times 2000 \times 0{,}00009696$ oder abgerundet = 10 M. K.

Lesen und Schreiben bezeichnet werden müsse. Sobald weitere Zahlenwerte über die Helligkeit des Himmels bekannt werden, wird diese Regel dahin abgeändert werden müssen, daß man sagt: Ein Platz mit so und so viel Quadratgrad reduzierten Raumwinkels ist in einem Zimmer mittlerer Wandhelligkeit, nach der und der Himmelsgegend belegen, noch ausreichend in den und den Tages- und Jahreszeiten.

E. Gillert, *Welche Bedeutung hat der Raumwinkel als Mafs für die Helligkeit eines Platzes in einem Lehrraume*, *Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskr. von Koch u. Flügge* (1892) 12. *Bd.* 82—87.

H. Cohn, *Hygiene des Auges*, *Wien u. Leipzig* 1892; *Untersuchungen über die Tages- und Gasbeleuchtung in den Auditorien der Breslauer Universität*, *Berl. klin Wochenschr.* (1885) *No.* 51.

Uffelmann, *Handbuch der Hygiene*, *Wien u. Leipzig* 1890.

M. Rubner, *Lehrbuch der Hygiene*, *Leipzig u. Wien* 1890.

ZWEITER ABSCHNITT.

Beschaffenheit des natürlichen Sonnenlichtes.

18. Das Sonnen- und Tageslicht. Die Intensität der direkten Sonnenstrahlen wird nach Meterkerzen angegeben. Nach Messungen von C. Michalke würde eine den Sonnenstrahlen senkrecht zugewandte Fläche außerhalb der Erdatmosphäre eine indizierte Helligkeit von 43 960 M. K. Hefnerlicht in Rot und 117 000 M. K. Hefnerlicht in Grün besitzen, was einer Aequivalenz (cf. **11** S. 55) des totalen Sonnenlichtes von 83 750 M. K. entspräche. Durch Absorption in der Atmosphäre tritt eine erhebliche Schwächung des Lichtes ein. Dieselbe beträgt für den Fall, daß die Sonnenstrahlen die Atmosphäre senkrecht zur Erdoberfläche durchsetzen, $p = 0{,}7952$ für rotes Licht und $p = 0{,}7211$ für grünes Licht, d. h. bei Zenithstellung der Sonne würden nur 79 bezw. 72 Prozent des Sonnenlichtes die Erdoberfläche erreichen. Für schrägen Durchgang der Sonnenstrahlen vermehrt sich abermals die Absorption und ist nach der Formel zu berechnen

$$S = A \, . \, p \, .^{\frac{1}{\sin \varphi}}$$

worin S die für eine senkrecht von der Sonne beschienene Fläche indizierte Helligkeit, A die außerhalb der Atmosphäre vorhandene indizierte Helligkeit und φ den Elevationsmittel der Sonne, also die Sonnenhöhe, bezeichnet. Setzt man in der vorstehenden Formel z. B. $\varphi = 59^{0}\,1'$ (Sonnenhöhe in Kiel am 15. Juni 12 Uhr mittags), so wird $S = 79\,930$ (in Grün) und $= 34\,060$ (in Rot), woraus ein Aequivalenzwert von $S = 60\,390$ M. K. resultiert. Für einen Wintertag mit $\varphi = 12^{0}\,21'$ (Kiel 15. Dez. 12 Uhr mittags) sind die entsprechenden Zahlen 25 380, 15 810 und der Aequivalenzwert 22 140 M. K. Multipliziert man diese Werte mit dem Sinus der jedesmaligen Sonnenhöhe, so erhält man die für eine horizontale Fläche berechnete indizierte Helligkeit der direkten Sonnenstrahlen (mit Ausschluß des diffusen Lichtes des Himmelsgewölbes). Diese Werte sind in Fig. 13 durch die beiden ausgezogenen Kurven dargestellt in ihrem jährlichen Verlaufe.

Die Farbennüance der direkten Sonnenstrahlen ändert sich mit der Sonnenhöhe merklich. Bei niedrigem Sonnenstand prävalieren die roten Strahlen. Die untergehende Sonne sieht blutrot aus. Wir be-

merken diese Farbenänderung an den von den Sonnenstrahlen beleuchteten Gegenständen deshalb nicht, weil die letzteren immer gleichzeitig von einem mehr oder weniger großen Teile des hellen Himmels beleuchtet werden. Dieses diffuse, vielfach reflektierte Licht enthält nun um so mehr brechbare, also grüne und blaue Strahlen, je tiefer die Sonne steht, und da in der gesamten Lichtmenge, welche auf die vom diffusen Tageslicht plus Sonne beleuchteten Gegenstände fällt, meistens das erstere weitaus den größten Teil ausmacht, so wird das Tageslicht gegen Sonnenuntergang und erst recht nach demselben in der Dämmerung sehr schnell arm an roten Strahlen, reich an grünen und blauen. Dieser Umstand ist für die Hygiene des Auges von um so größerer Bedeutung, je mehr hierbei die von Purkinje gefundene, von Macé de Lépinay und Nicati bestätigte Thatsache zur Geltung kommt, daß nämlich bei zunehmendem Helligkeitsverhältnisse der blauen Strahlen zu den roten der Helligkeitseindruck ein verhältnismäßig größerer ist als der in Bezug auf Sehschärfe verstandene Aequivalenzwert der Beleuchtung. Mit anderen Worten: Der in der Dämmerung Lesende taxiert auf Grund des bloßen Helligkeitseindruckes, welchen er von der weißen Papierfläche empfängt, die Beleuchtung in Bezug auf ihre Fähigkeit, die Buchstaben erkennen zu lassen, zu hoch.

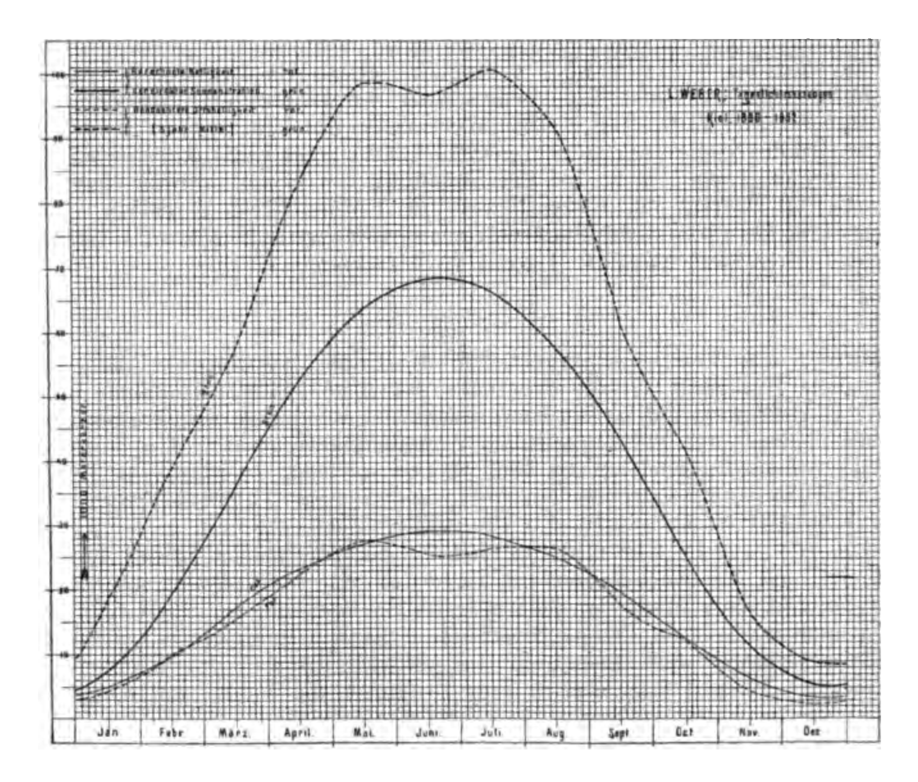


Fig. 13.

Die Abnahme des Lichtes in der Dämmerung geht um so schneller vor sich, je steiler die Sonnenbahn auf dem Horizonte steht. In niedrigeren Breiten ist sie deshalb größer. Sie ist auch im Frühling und Herbst größer als im Sommer und Winter.

Fragen wir nach der Helligkeit des gesamten Tageslichtes, also nach der Summe des diffusen Himmelslichtes und der direkten Sonnenstrahlen, so ist dieselbe der Rechnung schwerer zugänglich wegen der wechselnden Gestaltung des wolkenbedeckten Himmels. Diese Größe ist jedoch unmittelbar und leichter als die direkten Sonnenstrahlen durch Messung zu gewinnen. Von L. Weber sind solche Messungen in Breslau und Kiel ausgeführt. Die von dem gesamten Himmelslicht (inkl. der Sonnenstrahlen) für eine horizontale freie Stelle der Erdoberfläche indizierte Helligkeit wird als Ortshelligkeit bezeichnet. Die Mittelwerte dreijähriger Beobachtungen um die Mittagsstunde in Kiel sind in Fig. 13 durch die beiden mit grün und rot bezeichneten punktierten Kurven dargestellt. Diese Zahlen, welche in grün etwa bis zu 100000 M. K. reichen, geben an, wie viel Kerzen (Hefnerlicht) aus 1 m Distanz bei senkrechter Inzidenz auf eine Fläche ebenso viel grünes bezw. rotes Licht entsenden würden, als von Seite des gesamten Himmelslichtes auf eine gleich große horizontale Fläche geworfen wird. Die Aequivalenzwerte in monatlichen Mitteln sind in folgender Tabelle enthalten:

Aequivalenzwerte des diffusen Tageslichtes in Bezug auf Sehschärfe.

Dreijährige Monatsmittel der mittäglichen Ortshelligkeit h.
Beobachtet in Kiel 1890—1892.

Monat	h in Meterkerzen	Reduktionsfaktor k
Januar	11 140	2,29
Februar	23 000	2,30
März	34 760	2,23
April	49 820	2,22
Mai	60 950	2,19
Juni	57 280	2,29
Juli	60 020	2,28
August	57 190	2,17
September	38 080	2,18
Oktober	26 770	2,13
November	9 743	2,27
Dezember	5 469	2,23
Absol. Max. . . 5. Juli 1892:	154 300	2,49
„ Min. . . 11. Dez. 1891:	655	2,57
Dreijähriges Gesamtmittel . . .	36 185	

Die Kenntnis der Ortshelligkeit giebt einen vorläufigen ersten Anhaltspunkt für die Bewertung der Helligkeit des Himmels. Das diffuse, in der Ortshelligkeit gemessene Licht stammt zum größten Teile von den in der Nähe der Sonnenscheibe gelegenen Himmelsstellen und von der Sonne selbst her. Nur an stark und gleichmäßig bewölkten Tagen nimmt der Himmel eine durchweg gleichmäßige Helligkeit an. An solchen Tagen ist alsdann die gemessene Ortshelligkeit zu gleicher Zeit diejenige Zahl, welche die mittlere Flächenhelligkeit des Himmels in

sekundären Einheiten ausdrückt. Wenn also z. B. an dicht bewölktem Tage die Ortshelligkeit 3000 gefunden ist, so folgt daraus, daß die Helligkeit der Wolken gleich derjenigen eines absolut weißen Kartons ist, der von 3000 Kerzen in 1 m Abstand beleuchtet wird. Fingiert man nun bei teilweise heiterem Himmel an Stelle der wirklichen ungleichmäßigen Helligkeitsverteilung eine durchweg gleichmäßige, von mittlerer Helligkeit, so würde die letztere einen angenäherten Zahlenausdruck durch die gemessene Ortshelligkeit finden.

Relative Messungen. Bunsen und Roscoe verglichen an einem ausgesucht klaren Tage (6. VI. 1858) mittels Stearinfleckes in besonders dazu gebautem Apparate die Lichtmengen, welche einerseits von dem ganzen Himmelsgewölbe (Halbkugel) mit Abblendung der direkten Sonnenstrahlen, andererseits von einer im Zenith gelegenen, den 1000. Teil der Himmelshalbkugel ausmachenden Fläche auf eine horizontale Fläche geworfen wurden. Setzt man die letztgenannte, mit der Sonnenhöhe selber variable indizierte Helligkeit = 1, so ist die erstere durch die Formel ausdrückbar

$$J = 77{,}0 + 9{,}275\ (90 - \varphi)\text{*)},$$

wenn man mit φ die Zenithdistanz der Sonne in Graden bezeichnet. An drei anderen wolkenlosen Tagen wurde bei verschiedenen Sonnenhöhen die jedesmalige Helligkeit des Zeniths durch chemische Wirkungen gemessen. Es ergab sich hieraus für die chemische Wirkung w einer im Zenith gelegenen, den 1000. Teil der Himmelshalbkugel ausmachenden Fläche

$$w = 1182{,}7 - 13{,}85\ \varphi + \frac{8884{,}9}{90 - \varphi}.$$

Hierbei ist als Einheit von w diejenige chemische Wirkung verstanden, welche die Normalflamme Bunsen's und Roscoe's**) in 1 m Entfernung in dem Chlorknallgas-Gefäße dieser Forscher ausübte. Indem man nun für jede Höhe der Sonne die Zahlenwerte der beiden vorstehenden Gleichungen multipliziert, erhält man für die chemische Wirkung w_1 des gesamten Himmelslichtes exkl. der direkten Sonnenstrahlen für verschiedene Sonnenhöhen φ

$$w_1 = 27\,760 + 808\,490\ \sin\varphi - 459\,960\ \sin^2\varphi.$$

Aus dieser Formel, in der w_1 wieder in den genannten Lichteinheiten ausgedrückt ist, sowie der Gleichung

$$\sin\varphi = \cos\delta\,.\,\cos p\ \cos t + \sin\delta\ \sin p,$$

in welcher δ die Deklination der Sonne, p die Polhöhe und t den Stundenwinkel der Sonne bedeutet, läßt sich das chemische Beleuchtungsvermögen (indizierte chemische Helligkeit für Horizontalfläche) des heiteren Himmels für einen geographisch bestimmten Ort und eine gegebene Zeit berechnen.

Bunsen und Roscoe geben als Beispiel einer solchen Berechnung

---

*) In der Bunsen'schen Abhandlung ist die Zenithdistanz mit φ bezeichnet, während hier mit Rücksicht auf Vorhergehendes die Sonnenhöhe, d. h. die Ergänzung der Zenithdistanz zu 90° mit φ bezeichnet ist. In den Bunsen'schen Formeln ist hier daher $\cos\varphi$ durch $\sin\varphi$ ersetzt.

**) Eine in atmosphärischer Luft verbrennende Kohlenoxydflamme, die auf einer kreisförmigen, 7 mm im Durchmesser haltenden Oeffnung eines Platinbrenners brennt und deren durch eine verschwindend kleine Druckdifferenz bewegter Gaszufluſs 5 ccm von 0° C. und 0,76 m in der Sekunde beträgt.

das in Lichtgraden (1 Lichtgrad = 10000 Lichteinheiten) ausgedrückte Beleuchtungsvermögen, welches zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen während der verschiedenen Tagesstunden zu Kairo, Neapel, Heidelberg, Manchester, Petersburg, Reykjavík und auf der Melville-Insel von der wolkenfreien Atmosphäre ausgeübt wird, in folgender Tabelle:

	Melville-Insel	Reykjavík	Petersburg	Manchester	Heidelberg	Neapel	Kairo
6 h a. m. oder 6 h p. m.	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
7 „ „ „ „ 5 „ „ „	8,06	11,82	14,19	14,49	15,09	16,84	18,59
8 „ „ „ „ 4 „ „ „	12,61	18,22	20,18	22,81	24,21	26,77	29,15
9 „ „ „ „ 3 „ „ „	16,20	23,34	25,64	28,72	30,24	32,87	35,08
10 „ „ „ „ 2 „ „ „	18,78	26,76	29,20	32,80	33,74	35,80	37,58
11 „ „ „ „ 1 „ „ „	20,32	28,67	31,14	34,10	35,48	37,20	38,28
12 „ „ „ „ —	20,83	29,30	31,74	34,67	35,91	37,49	38,80
W	10 590	15 020	16 410	18 220	19 100	20 550	21 670

Es läßt sich ferner durch eine Summation (Integration) der Werte w_1 über die Zeitdauer eines ganzen Tages die gesamte Lichtmenge angeben, welche an irgend einem Orte von dem heiteren Himmel exkl. der direkten Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche fällt.

Es ergiebt dies für die Tage der Tag- und Nachtgleichen die Formel:

$$W = 1998{,}7 + 37\,058 \cos p - 16\,559 \cos^2 p \text{ Lichtgrade},$$

worin p die Polhöhe des betr. Ortes ist. Für die genannten 7 Orte ergiebt die Ausrechnung die in der untersten Horizontalreihe der vorstehenden Tabelle angegebenen Zahlen.

Alle diese nur für durchaus klare Tage geltenden Zahlen werden in der auffallendsten Weise durch die Bewölkung abgeändert. Schon ein leichter Wolkenschleier kann die Beleuchtungskraft um mehr als das Vierfache erhöhen, und dichtere Wolkenschichten vermögen sie noch vielmehr zu erniedrigen.

Bunsen und **Roscoe** haben ferner das direkte Sonnenlicht seiner chemischen Wirkung nach gemessen. Aus der Kombination zahlreicher Messungen bei verschiedenen Sonnenhöhen ergab sich für die chemische Wirkung der direkten Sonnenstrahlen (indizierte Helligkeit eines senkrecht gegen die Sonnenstrahlen gelegenen Flächenelementes)

$$W_0 = 318{,}3 \times 10^{-\frac{0{,}4758 \cdot P}{\sin \varphi}} \text{ Lichtgrade.}$$

In dieser Formel ist P der Barometerstand in met. Die Konstante 318,3 bedeutet, daß außerhalb der Erdatmosphäre für ein senkrecht zu den Sonnenstrahlen gelegenes Flächenelement die indizierte Helligkeit der chemisch wirksamen Sonnenstrahlen 318,3 Lichtgrade beträgt. Wendet man diese Formel beispielsweise auf einen Ort und eine Stunde an, in welcher die Sonnenhöhe 40° beträgt und der Barometerstand des Ortes 750 mm, also $P = 0{,}75$ ist, so ergiebt sich $W_0 = 108{,}9$. Volle $^2/_3$ der chemisch wirksamen Strahlen sind demnach in diesem Falle auf dem Wege durch die Atmosphäre verloren gegangen. Dieselben kommen zum Teil in dem diffusen Licht des Himmelsgewölbes wieder zum Vorschein, zu einem anderen Teile sind sie ganz vernichtet. Für Punkte an der Erdoberfläche im Meeresniveau wächst der Wert von W_0 im äußersten

Falle ($\varphi = 90^0$) bis etwa 135 und geht andererseits bei einer Sonnenhöhe von 20 ⁰ schon bis auf etwa 25 herunter, um dann bei noch weiter sinkender Sonne schnell bis auf 0 herabzugehen. Dagegen zeigt sich eine sehr schnelle Zunahme von W_0 mit wachsender Höhe über der Erdoberfläche, weil alsdann das P schnell kleiner wird. „So ist zur Zeit, wo die Sonne in den Breiten des Himalaya das Zenith beinahe erreicht, in den 12—14000 Fuß hohen, dem Getreidebau noch zugänglichen Thalflächen des tibetanischen Hochlandes die chemische Wirkung der Sonnenstrahlen fast anderthalbmal so groß, als im benachbarten hindostanischen Tieflande. Dieser Unterschied nimmt mit abnehmender Sonnenhöhe in einem so raschen Verhältnis zu, daß, wenn die Sonne noch 45⁰ vom Zenith entfernt steht, die chemische Beleuchtung jener Hochflächen schon mehr als doppelt so groß ist als im hindostanischen Tieflande.“

Vergleichen wir nun die Bunsen-Roscoe'schen Lichtgrade mit der optischen Einheit der Meterkerze! An 4 klaren Tagen des Dezember und Januar 1884/85 war in Breslau um 12 Uhr mittags bei einer durchschnittlichen Sonnenhöhe von 16⁰ eine indizierte Helligkeit des gesamten Himmelslichtes (Sonne und Himmel) gefunden in Rot = 9208, in Grün = 27150; es war ferner im Juni 1885 daselbst bei einer durchschnittlichen Sonnenhöhe von 62⁰ im Mittel aus 12 klaren Tagen gefunden für Rot 71120, für Grün 205700 M. K. (Hefnerlicht). Subtrahiert man hiervon das aus der Formel

$$h = \sin\varphi \,.\, A \,.\, p^{\frac{1}{\sin\varphi}}$$

berechnete direkte Licht der Sonnenstrahlen für horizontale Fläche, so bleibt das lediglich vom Himmelsgewölbe stammende Licht übrig. Andererseits läßt sich durch Summation der nach den Bunsen-Roscoe'schen Formeln berechneten Helligkeiten für Sonne allein und Himmel allein das gesamte Licht in Lichtgraden berechnen. Dies giebt folgende Tabelle:

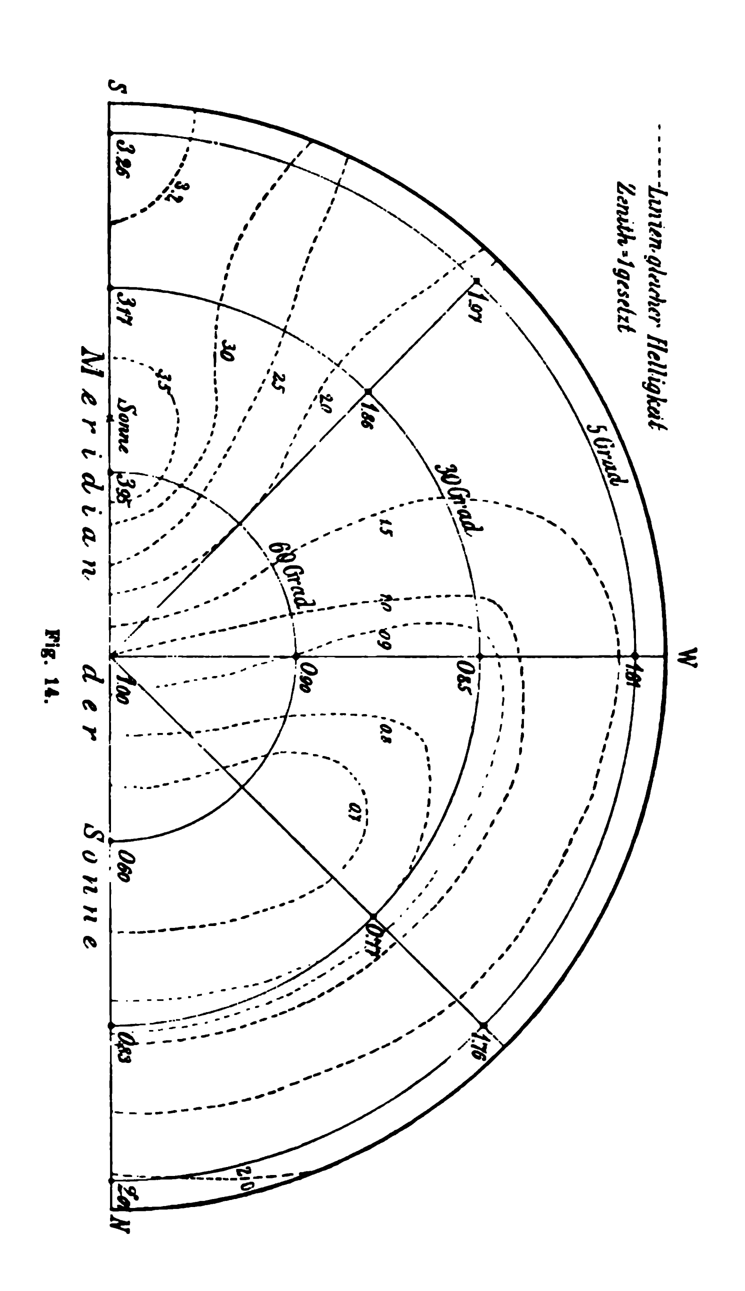
		Indizierte Helligkeit einer horizontalen Fläche			Zahl der Lichtgrade bei je 10 000 M. K.	
		in Meterkerzen (H)		in Lichtgraden		
		rot	grün	(Bunsen)	rot	grün
Sonnenhöhe 16⁰	Direktes Sonnenlicht	5 480	9 851	4,28	7,81	4,34
	Zerstreutes Sonnenlicht	3 728	17 299	21,56	57,84	12,47
	Gesamtlicht	9 208	27 150	25,84	28,06	9,52
Sonnenhöhe 62⁰	Direktes Sonnenlicht	30 300	71 370	109,40	36,12	15,33
	Zerstreutes Sonnenlicht	40 820	134 330	38,31	9,38	2,87
	Gesamtlicht	71 120	205 700	147,71	20,77	7,18
	Außerhalb der Atmosphäre (Fläche senkrecht zu den Strahlen.)	43 960	117 000	318,3	72,38	27,19

Die hier betrachteten einzelnen Komponenten des Lichtes wechseln sonach in ihren Verhältnissen zu einander in erstaunlichem Maße, sowohl, wenn wir das diffuse Himmelslicht allein, als wenn wir die direkten Sonnenstrahlen allein betrachten. Eine etwas größere Gleichmäßigkeit tritt für die Summe beider Lichtarten, also für das gesamte Licht von Sonne und Himmel ein. Vermutlich wird diese gleichmäßige Nüancierung noch weiter befördert durch die Bewölkung des Himmels.

Diejenigen Lichtstrahlen, deren chemische Wirkung auf das Chlorknallgas von Bunsen und Roscoe gemessen wurden, liegen zwischen den Fraunhofer'schen Linien *b* und *S* mit einer Maximalwirkung von etwa *G* bis *J*. Für Strahlen mit anderen chemischen Wirkungen, z. B. denjenigen auf photographischen Platten und Papieren, werden sich wiederum andere Beziehungen zu den Strahlenkomplexen in Rot und Grün ergeben. Je weniger brechbar die Lichtstrahlen sind, um so größer ist ihre Proportionalität mit den optisch gemessenen Strahlenkomplexen, insbesondere in der Summe des gesamten Lichtes von Sonne und Himmel anzunehmrn. So ist auch in der That das Verhältnis der in Kiel gemessenen Ortshelligkeiten in Rot und Grün bei verschiedenen Sonnenhöhen nicht erheblich wechselnd.

Die Helligkeitsunterschiede am Himmelsgewölbe, deren Kenntnis, wie oben bemerkt, in Ergänzung der Raumwinkelmessungen von besonderem Wert sein würde, sind bisher wenig gemessen. Eine theoretische Berechnung von Clausius stützt sich u. a. auf die in Wirklichkeit nicht zutreffenden Hypothesen 1) daß die lichtzerstreuenden Körper der Atmosphäre Nebelbläschen seien, 2) daß nur eine Vernichtung des Lichtes stattfinde, 3) daß die Schwächung alle Farben gleichmäßig betreffe. Wild fand durch Messung mit seinem Uranophotometer eine Helligkeitsverteilung längs des durch die Sonne gelegten Meridians nach folgenden Regeln: Die Intensität nimmt vom nördlichen Horizonte aus anfangs rascher, später langsamer, bis zu ungefähr 80° Distanz von der Sonne, wo sie ein Minimum erreicht, ab, steigt dann von da an verhältnismäßig viel rascher und stärker gegen die Sonne hin wieder an und zeigt endlich von der Sonne aus gegen den südlichen Horizont hin, wo sie das Maximum zu erreichen scheint (?), nur eine langsame und kleine Zunahme. Bei größeren Zenithdistanzen der Sonne rückt das Minimum der Intensität bis gegen 90° von der Sonne weg, bei kleineren bis gegen 70° hin. Im wesentlichen stimmen hiermit die in Kiel im August 1893 gemachten Messungen überein, welche sich über den ganzen Himmel erstreckten. Das Resultat einer solchen Messung vom 9. August 1893 ist in Fig. 14 (siehe S. 76) dargestellt. Es ist dabei die Helligkeit im Zenith = 1 gesetzt. Es wurde an 8 Punkten in der Höhe von 5° über dem Horizonte, an 8 Punkten in 30° Höhe, an 4 Punkten in 60° Höhe und im Zenith im Laufe einer halben Stunde die Helligkeit mittels des Polarisationsphotometers von L. Weber gemessen, und aus den korrespondierenden, wenig differierenden Werten des östlichen und westlichen Himmels wurden die in die Figur eingetragenen Mittel (die großen Zahlen) gerechnet. Man muß sich demnach diese Figur symmetrisch für die andere Himmelsseite erweitert denken. Die punktierten Kurven geben die durch Interpolation graphisch konstruierten Kurven gleicher Helligkeit an.

Die Dauer des Sonnenscheins. Eine regelmäßige Registrierung der Dauer des Sonnenscheins ist erst seit 1880 an zahlreichen Stationen begonnen. Es wird dazu der Campbell-Stokessche Sunshine-Recorder benutzt, welcher aus einer massiven Glaskugel besteht und auf einem gekrümmten Papierstreifen, der gewissermaßen gleich eine Sonnenuhr darstellt, die Zeit des ungetrübten Sonnenscheins durch eine direkt von der Kugel eingebrannte Linie ablesen läßt. Es hat sich ergeben, daß im Mittel aus 10 Jahren und zugleich im Mittel von 10 Stationen des englischen Binnenlandes die Sonnenscheindauer für die einzelnen Monate in Prozenten der Tageslänge betrug:



---- Linien gleicher Helligkeit
Zenith = 1 gesetzt
S
W
N
5 Grad
30 Grad
60 Grad
Sonne
Meridian der Sonne
3.26
3.17
3.85
1.00
0.90
0.85
1.01
1.97
1.86
0.60
0.77
0.83
1.76

Fig. 14.

Jan.	15 %	April	32 %	Juli	35 %	Okt.	28 %
Febr.	21 „	Mai	39 „	Aug.	37 „	Nov.	20 „
März	29 „	Juni	35 „	Sept.	32 „	Dez.	14 „

An einigen Küstenstationen stieg das Mittel in den Sommermonaten etwas höher, bis zu 46, in Jersey sogar auf 55, während in London infolge der Rauchatmosphäre die Wintermonate Nov.—Febr. nur 8, 2, 4, 9 Proz. ergaben.

Die letztgenannte unmittelbare Bestätigung des lichtraubenden Einflusses der Großstadtluft wird auch überall zu beobachten sein, wo Lichtmessungsresultate frei gelegener Gegenden auf großstädtische Verhältnisse in Anwendung gebracht werden sollen. In ähnlichem Maße wird nämlich auch die Helligkeit an bewölkten Tagen beeinflußt durch Rauch und Staub.

Lambert *siehe S.* 42.
Bouguer *siehe S.* 43
Wollaston, *Phil. Transact.* (1829) 119. *Bd.*; *Pogg. Ann.* 16. *Bd.* 330.
W. Thomson, *Engeneering* (1882); *Elektrot. Zeitschr.* 4. *Bd.* 135.
F. Exner, *Zur Photometrie der Sonne*, *Sitzungsber. d. Wiener Ak.* (1886) 2. *Bd.*
C. Michalke, *Ueber die Extinktion des Sonnenlichtes in der Atmosphäre*, *Diss. Breslau* 1886, *Astron. Nachr. No.* 2691.
L. Weber, *Intensitätsmessungen des diffusen Tageslichtes*, *Meteor. Zeitschr.* (1885) 2. *Bd.* 163, 219, 451; *Wied. Ann.* (1885) 26. *Bd.* 374; *Resultate der Tageslichtmessungen in Kiel in den Jahren* 1890—1892, *Schr. d. Naturw. Ver. f. Schl.-H.* (1893) 10. *Bd.* 77—94; *Ueber die aktinische Ortshelligkeit*, *Photogr. Mitt.* (1891) 28. *Bd.* 8—11.
Bunsen u. Roscoe, *l. c.*
Clausius, *Crelle's Journ.* (1847) 34. *Bd.* 122, (1848) 36. *Bd.* 135.
H. Wild, *Photometrische Bestimmung des diffusen Himmelslichtes*, *Bull. de Pétersb.* (1877) 21. *Bd.* 312, 23. *Bd.* 290.
Clément, *De la largeur des rues*, *Rev. d'hyg.* (1885) 7. *Bd.* 95.
Ten years sunshine in the British isles 1881—1890, *published by the authority of the Meteorological Council*, *Official No.* 98, *London* 1891.

19. Die Einführung des Tageslichtes in die Häuser.

Vom allgemeinen hygienischen Standpunkt aus wird es in den zum Aufenthalte von Menschen bestimmten Räumen niemals ein Zuviel des Lichtes geben. Je mehr Licht und Sonnenschein in ein Zimmer fällt, desto gesünder ist es. Die speziellere Hygiene des Auges aber warnt nicht bloß vor dem Zuwenig, sondern auch vor dem Zuviel. Letzteres freilich ist das weniger Wichtige, das leichter zu Vermeidende. Denn das zerstreute Licht wird niemals zu hell, und die direkten Sonnenstrahlen, welche den Arbeitsplatz blendend erleuchten, lassen sich abblenden. Den Blick direkt auf die Sonnenscheibe zu richten, ist um so schädlicher, je höher die Sonne über dem Horizonte steht. Ihre Flächenhelligkeit ist ca. 5000mal größer als diejenige des schmelzenden Platins, und dieses ist etwa 40mal heller als die Flamme einer Kerze. Schon leichte weiße Gardinen, mit denen insbesondere die oberen Glasscheiben der nach Süd liegenden Fenster zweckmäßig verhangen werden, schwächen jenen ungeheuren Glanz bis auf einen geringen Rest ab.

Weit schwieriger ist es, das andere Extrem des zu knappen Lichtes zu vermeiden. Das Lesen, Schreiben und mancherlei andere Arbeit an ungenügend erleuchteten Plätzen ist dem Auge unzweifelhaft schädlich. Da wo sich nur wenig Menschen in einen Raum zu teilen haben, wird man die Arbeitstische in die Nähe des Fensters rücken. Wo aber, wie in Fabriken und Schulen, überall im Zimmer gearbeitet werden soll,

muß auch für die vom Fenster entferntesten Plätze genügend Licht vorhanden sein. Was ist hier nun das gesundheitlich zulässige Minimum?

Bevor man daran ging, die Helligkeit des diffusen Lichtes ziffernmäßig anzugeben und bevor man die Abhängigkeit desselben von der Größe des sichtbaren Himmelsstückes durch Zahlen ausdrückte, wurden eine Reihe verschiedener Vorschriften gegeben, welche mehr oder weniger allgemein zutreffend die Minimal-Anforderungen an die Größe und Lage der Fenster, und zwar speziell in Schulzimmern enthielten.

Herm. Cohn hatte 1867 vorgeschlagen, daß auf 1 Quadratfuß Grundfläche des Zimmers mindestens 30 Quadratzoll Glas kommen sollen, d. h. 1 Glas auf 5 Bodenfläche. Derselbe bezeichnete es als einen sehr großen Fortschritt, als er nach den sehr ungünstigen Erfahrungen auf den Weltausstellungen 1867 (Paris) und 1873 (Wien) im Jahre 1878 in Paris das Ferrand'sche Musterschulhaus sah, welches auf 55 qm Grundfläche 60 qm Glas hatte. Nach offiziellen Verfügungen wird in Italien und Frankreich ein Verhältnis der Glasfläche zur Bodenfläche von 1:4; in Bayern 1:6; in Sachsen 1:6, wenn die Lage frei, sonst 1:5; in Württemberg 1:6:4; in Preußen (nach Verordnung der K. techn. Baudeputation in Berlin) 1:5; in Rußland 1:5 bis 1:6 verlangt.

Man sieht leicht, daß diese Vorschriften den eigentlich entscheidenden Punkt noch nicht treffen. Eine Kommission des französischen Unterrichtsministeriums betonte 1882, daß jeder Schüler von seinem Platze aus ein Stück Himmel sehen müsse, da dieses Licht das Wesentlichste sei, und zwar müsse dieses Himmelsstück sich auf mindestens 30 cm vom oberen Ende des Fensters erstrecken. Förster verlangte 1884, daß von jedem Tischplatze aus ein Stück Himmel sichtbar sein müsse, und daß der Winkel zwischen der höchsten vom Tischplatze aus nach dem obersten Fensterrahmen gezogenen und der tiefsten noch eben über die First des gegenüberliegenden Hauses gehenden Linie mindestens 5 Grad betragen müsse. Er fügte ferner hinzu, daß die direkten vom Himmel auf den Tischplatz fallenden Strahlen nicht schräger als unter einem Winkel von 25°—27° kommen dürften. Durch letztere Bestimmung wird zugleich die größte zulässige Tiefe des Zimmers (bei einseitiger Beleuchtung) festgelegt. Sie darf nie mehr betragen, als etwa das Doppelte der Entfernung zwischen Pultfläche und oberem Fensterrahmen. In den letztgenannten Vorschriften wird bereits ein gewisser Anhalt gegeben für die Größe des sichtbaren Himmelsstückes, obwohl die Breitendimensionen übergangen sind. Auch der Einfluß des Elevationswinkels der Lichtstrahlen wird hervorgehoben. Eine erschöpfendere Berücksichtigung beider Elemente wurde alsdann durch den von Herm. Cohn und L. Weber eingeführten reduzierten Raumwinkel möglich (s. oben 16 [S. 65]). H. Cohn stellte die Forderung auf, daß derselbe mindestens 50 Quadratgrade betragen müsse. Haben wir auch schon oben darauf hingewiesen, daß je nach der verschiedenen Orientierung des sichtbaren Himmelsstückes und der damit zusammenhängenden verschieden großen durchschnittlichen Helligkeit desselben jenes Minimalmaß von 50 Quadratgraden einer Modifikation für Süd-, Ost-, West-, Nord-Zimmer fähig sei, so mag dasselbe doch vorläufig, d. h. bis zu einer genaueren Kenntnis der durchschnittlichen Helligkeitsverteilung am Himmel als diejenige Norm angesehen werden, welche ohne besondere

Helligkeitsmessungen am vollständigsten die durchschnittliche Güte der Beleuchtung eines Platzes angiebt.

Eine weitere Frage betrifft die Mittel, welche anzuwenden sind, um einen möglichst großen Raumwinkel zu schaffen. Das Ideal einer guten Beleuchtung nach Groß, A. Weber, Rosenthal, Kirchner, Javal gegen die Stimmen von Trélat, Layet, Erismann, Albini u. a. ist das Oberlicht. Dasselbe wird nur selten, aus erklärlichen baulichen Gründen, zu beschaffen sein. Vielmehr kommt in der Mehrzahl der praktischen Fälle in Betracht

a) die Umgebung des Schulhauses. Es ist thunlichst dahin zu streben, daß gegenüberliegende Gebäude entweder überhaupt nicht vorhanden seien, oder wenigstens in ansehnliche Entfernung zurücktreten. Das Javal'sche Verlangen, daß der Abstand der gegenüberliegenden Häuser mindestens doppelt so groß sein müsse, wie die Höhe derselben, wird in der Regel mehr als ausreichend sein zur Beschaffung eines großen Raumwinkels. Außerdem kommt

b) die Größe der Fenster in Betracht. Man vermeide hier die breiten Fensterkreuze und übermäßig breite Pfeiler zwischen den Fenstern. Man lasse die Fenster thunlichst bis hart unter die Decke reichen und schräge die Mauerpfeiler nach der inneren Zimmerseite ab, Sehr wichtig ist noch

c) die Beschaffenheit der Fenstervorhänge in solchen Zimmern, wo dieselben zur Abblendung der Sonnenstrahlen nicht zu umgehen sind. Von A. Weber in Darmstadt wird als Ersatz der Vorhänge die matte Scheibung der Fenster empfohlen. Hierdurch werden indessen die direkten Sonnenstrahlen nicht genügend geschwächt, und andererseits wird an dunklen Tagen zu viel Licht verloren, etwa 27 % (nach Herzberg). Die üblichen grauen Staubrouleaux nehmen nach H. Cohn 87—89 % Licht weg, weiße seitwärts zu ziehende Chiffonvorhänge 75—82 %. Cohn empfiehlt die patentierten verstellbaren Vorhänge von H. Weckmann in Hamburg. Dieselben sind ähnlich den Holzjalousien, nur daß die Holzleisten durch kleine mit grauem, durchscheinendem (und diffus reflektierendem!) Stoffe überspannte Rahmen ersetzt sind, die man vertikal, schräg oder wagerecht stellen kann. Diese nehmen in den drei Stellungen 91, 70 und 57 % Licht weg. In gewissem Zusammenhang mit der Vorhangsfrage steht

d) die Orientierung der Fensterlage. Nach Cohn und Javal kann in einer Schule nie zu viel Licht sein. Mit ihnen treten daher Zwez, Varrentrap, Falk, Pappenheim, Baginsky und Lagrand für eine östliche, südöstliche oder südliche Lage der Fenster ein. Dagegen sind Lang, Reclam und Förster für die Richtung nach Norden. Mag man vom speziellen Gesichtspunkte der Augenhygiene den Gründen der letztgenannten Forscher, welche durch ihren Vorschlag den Schwierigkeiten der Blendung aus dem Wege gehen wollen, eine gewisse Berechtigung zuerkennen, so werden doch die allgemeinen hygienischen Rücksichten unzweifelhaft das sonnenwarme und sonnenhelle Südostzimmer als das beste erscheinen lassen und man wird die mancherlei mit der Handhabung der Vorhänge verbundenen Unbequemlichkeiten lieber in den Kauf nehmen, als die durchschnittlich mindestens doppelt so große Dunkelheit der Nordzimmer.

e) Eine oder zwei Fensterwände? Daß das Licht beim Schreiben von links kommen muß, ist allgemein angenommen. Hiermit

kollidiert es nicht, wenn auch die anstoßende Wand im Rücken der Schüler Fenster besitzt. Der vis à vis stehende Lehrer wird sich leicht gegen die blendende Wirkung dieser Fenster schützen können. Weniger empfehlenswert erscheint es, die den Schülern gegenüberliegende Seite mit Fenstern zu versehen. Dagegen muß es nach Gabriel, Javal, Napias, Baumeister und Förster gegen die Stimme Trélat's als ein Vorteil angesehen werden, wenn es möglich ist, auch auf der den Fenstern gegenüberliegenden Seite Fenster anzubringen. In diesem Falle empfiehlt Galezowski, die Fenstergröße zur rechten Seite der Schüler kleiner zu nehmen. Eine weitere Vermehrung des diffusen Lichtes in einem Zimmer ist möglich

f) durch die von Förster empfohlenen, außen vor die oberen Fensterscheiben gesetzten Glasprismen, deren brechende Kante unten liegt. Die Förster'schen Prismen haben eine 64 cm lange (oben gelegene) Basis und einen brechenden Winkel von 25°. Sie können durch Guß hergestellt sein und vermehren die Helligkeit in den Zimmern beträchtlich. Erheblich billiger und nicht minder wirksam sind

g) die verstellbaren Spiegel aus kannelliertem Glas außerhalb der Fenster, wie sie zuerst in England in engen Straßen gebraucht sind und mehr und mehr Verbreitung finden. Mittels beider Vorrichtungen lassen sich völlig unzureichend beleuchtete Arbeitsplätze, besonders die weit vom Fenster abgelegenen, noch brauchbar machen.

L. Weber, *Lichteinheiten siehe S.* 47.
H. Cohn, *Berl. klin. Wochenschr.* (1867) *No.* 41; *Hygiene des Auges*; *Schulhygiene auf der Pariser Ausstellung, Breslau* 1878; *Schulhäuser auf der Wiener Weltausstellung, Breslau* 1873.
Förster, *Einige Grundbedingungen für gute Tagesbeleuchtung in den Schulsälen, D. V. f. ö. G.* (1884) 16. *Bd.* 3. *Heft.*
Javal, *Annal. d'ocul.* (1878); *Sur les mesures à prendre etc., Congrès intern.* (1878) 108.
Herzberg, *Gesundheits-Ingenieur* (1888) *No.* 3.
A. Weber, *Referat, Darmstadt* 1881.
Pappenheim, *Handb. der Sanitätspolizei, Berlin* 1859.
Zwez, *Das Schulhaus und seine innere Einrichtung, Weimar* 1864.
Falk, *Die sanitätspolizeiliche Ueberwachung der Schulen, Leipzig* 1868.
Varrentrap, *Der heutige Stand der hygien. Forderungen an Schulbauten, D. V. f. ö. G.* (1869) 1. *Bd.* 485.
Reclam, *D. V. f. ö. G.* (1869).
Baron, *Vorschläge zur Verbesserung einiger unzweckmäfsiger Einrichtungen in den Schulen, Breslau* 1889.
Blasius, *Die Schulen des Herzogtums Braunschweig, D. V. f. ö. G.* (1880) 12. *Bd.* 744.
Baginsky, *Handb. der Schulhygiene* (1883) 84.
Laynaud, *Un type d'école etc, Rev. d'hygiène* (1881) 3. *Bd.* 1027.
Riant, *Hygiène scolaire, Paris* 1884, *p. XVII, XXI.*
Grofsh. Badische Verordnung, D. V. f. ö. G. (1869) 1. *Bd.* 302.
Baumeister, *Die neueren amtlichen Kundgebungen etc., D. V. f. ö. G.* (1883) 15. *Bd.* 441.
Kotelmann, *Zeitschr. f. Schulges.-Pflege* (1889) *No.* 12, 680.
Kuby, *Die Schulhygiene auf der internationalen Ausstellung etc., D. V. f. ö. G.* (1877) 9. *Bd.* 396.
Gross, *Zur Schulgesundheitspflege, D. V. f. ö. G.* (1879) 11. *Bd.* 427.
Eulenberg u Bach, *Schulgesundheitslehre* (1889) 172 *ff.*
Rosenthal, *Vorles. über d. öffentl. u. private Gesundheitspflege* (1887) 446—449.
Kirchner, *Untersuchungen über die Entstehung der Kurzsichtigkeit, Zeitschr. f. Hygiene* (1889) 7. *Bd.* 401.
Séance de la Société de méd. publ., Rev. d'hyg. (1879) 1. *Bd.* 661, 669.
Déchambre, *Dictionnaire encyclopédique des sciences méd., Paris* 32. *Bd.* 246 (*Artikel Ecoles von* **Layet**).
Erismann, *Das Musterschulzimmer, Intern. med. wiss. Ausstellung, Berlin* 1890, 9.
Albini, *Ueber die Hygiene des Auges in den Schulen, Zeitschr. f. Schulges.-Pfl.* (1890) *No.* 8, 451, *No.* 9, 523.
Dammer, *Handwörterbuch der öffentlichen und privaten Gesundheitspflege* (1890) 2. *Lief.* 102.

Napias, *L'exposition de projets et modèles de bâtiments scolaires*, *Rev. d'hyg.* (1882) 4. *Bd.* *No.* 7, 566, 578; *L'hygiène de l'école*, *Rev. d'hyg.* (1886) 8. *Bd.* 449.
Trélat, *Distribution de la lum. dans les écoles etc.*, *Rev. d'hyg.* (1879) 1. *Bd.* 576.
Richard, *L'exposition d'hygiène urbaine*, *Rev. d'hyg.* (1886) 8. *Bd.* 385.
Narjoux, *Principes de construction scolaire*, *Rev. pédagog.* (1878) *Déc.*
Erlaß der K. Bayer. Regierung vom 16. *Juni* 1884, *D. V. f. ö. G.* (1885) 17. *Bd.* 515.
Verfügung des K. Württemb. Min., *D. V. f. ö. G.* (1871) 3. *Bd.* 495.
Rapport de la Commission etc., *Rev. d'hyg.* (1882) 4. *Bd.* 346.

20. Die Messungen von Hermann Ludwig Cohn.

Diesem für das Wohl der Schuljugend unermüdlich thätigen Forscher gebührt das Verdienst, zuerst mit erfolgreichem Nachdruck auf die Schäden einer ungenügenden Beleuchtung der Schulzimmer hingewiesen, durch zahlreiche eigene Messungen eine Menge von dunklen Schulhöhlen aufgedeckt und damit den Anstoß zu einer Fortsetzung seiner Messungen an vielen anderen Orten gegeben zu haben. Die Verbreitung der Myopie kennzeichnet in erster Linie den schädlichen Einfluß der schlechten Beleuchtung. Die mittelbare in mannigfaltiger Weise die Organe des Auges beeinflussende und zur Myopie treibende Ursache liegt in der Abnahme der Sehschärfe mit abnehmender Helligkeit des beleuchteten Arbeitsgegenstandes.

Die Beziehungen zwischen Sehschärfe und Helligkeit sind noch nicht mit genügender Sicherheit festgestellt. Tobias Mayer stellte 1754 den Satz auf, daß die Sehschärfen sich verhalten wie die 6. Wurzeln aus den Lichtintensitäten. Hundert Jahre später fand Aubert, daß die Sehschärfe etwas schneller wächst als der Logarithmus der Beleuchtungsstärke (indizierte Helligkeit). Nach Schmidt-Rimpler's Methode erkannte Carp, daß bei Myopie die Sehschärfe bei schlechter Beleuchtung viel schneller abnimmt als bei normaler. Dörinkel fand, daß mit fortschreitendem Alter die Sehschärfe bei abnehmendem Lichte außerordentlich schnell abnimmt. Wären bei diesen und ähnlichen Untersuchungen die absoluten Helligkeiten der Snellen'schen Tafeln oder ähnlichen Testobjekte ermittelt worden, so würde vermutlich eine größere Uebereinstimmung bei den Autoren zu finden gewesen sein. So viel stand indessen fest, daß bei Abnahme der Helligkeit die Sehschärfe beträchtlich sinkt. Cohn hat alsdann im Jahre 1885 nach der von Adolf Weber in Darmstadt früher vorgeschlagenen Methode die Sehschärfe ermittelt, indem er die Schnelligkeit beobachtete, mit der Druckschrift bestimmter Größe gelesen werden konnte, nun aber zugleich die indizierte Helligkeit des bedruckten Blattes nach Meterkerzen bestimmte. Es ergab sich im Mittel vieler und mit verschiedenen Individuen angestellten Versuche, daß bei gutem diffusen Tageslicht von ca. 300 M. K. (im Rot gemessen), also ca. $2{,}3 \times 300 = 690$ M. K. Aequivalenzwert (cf. 18. [S. 69] Tab. der Aequivalenzwerte, woraus der Maximalwert für $k = 2{,}30$ genommen ist) von der Borgis-Frakturschrift*) der Breslauer Zeitung in 1 m Distanz 16—17 Zeilen pro Minute fließend gelesen wurden. Die im Durchschnitt erreichbare Schnelligkeit des Lesens bleibt ziemlich unverändert bis zu einer Abnahme des Lichtes bis auf 50 M. K. Gaslichtbenutzung, was einer Helligkeit von im Rot gemessenem Tageslicht von ca. 22 M. K. ent-

*) Dieselbe ist nur eine Kleinigkeit größer als die Snellen'schen, der Distanz von 1 m entsprechenden Buchstaben.

sprechen würde, deren Aequivalenzwert dann gleichfalls 22 × 2, 3 = rund 50 M. K. betragen würde. Von hier an nimmt die Schnelligkeit des Lesens bei weiterer Abnahme des Lichtes mehr und immer mehr ab, sodaß bei 10 M. K. nur noch 12 Zeilen, bei 8, 4, 2 M. K. nur noch resp. 10, 8, 6 Zeilen pro Minute gelesen werden. Auf Grund dieser Versuche verlangte Cohn als Minimum der indizierten Helligkeit für künstliche Beleuchtung 10 M. K. Er übertrug diese Grenze auch auf die Tageslichtbeleuchtung. Da er das Tageslicht mit rotem Glase maß, hätte, streng genommen, eine ca. 2,3mal kleinere Zahl wie 10 M. K. denselben Aequivalenzwert gehabt; d. h. 4, 3 M. K. Bedenkt man indessen, daß diese untere Grenze von 10 M. K. sehr niedrig gegriffen ist (nur der 5. Teil von 50 M. K.), so kann die Minimalforderung von 10 M. K. Tageslicht, in Rot gemessen, oder rund 23 M. K. Tageslicht Aequivalenzwert immerhin als eine vollberechtigte anerkannt werden. Da Cohn als Lichteinheit die Spermacetikerze benutzte, welche etwas heller ist als die jetzt allgemein einzuführende Hefnerkerze, so kann man jenes Minimalmaß unbedenklich auf 25 äquivalente M. K. Tageslicht und 10—12 M. K.*) Lampenlicht in Hefnereinheiten festsetzen. Als Cohn nun ferner fand, daß an Tischplätzen mit nur 50 Quadratgrad Raumwinkel die Helligkeit an trüben Tagen bis auf 10 M. K. (rot) und darunter herabging, so stellte er den weiteren Satz auf, daß jeder Schulplatz zum Lesen und Schreiben ungenügend sei, dessen Raumwinkel weniger als 50 Quadratgrad betrage. Die zahlreichen Messungen Cohn's in Breslauer Schulen, teils mit dem Milchglasphotometer, teils summarisch mit dem Raumwinkelmesser zeigten nun, daß in der That eine ganze Anzahl von Schulzimmern Tischplätze besaßen, welche in erschreckender Weise noch unter jener Minimalforderung zurückblieben. So fanden sich in zwei Gymnasien 13 Klassen, in denen vormittags 11 Uhr die indizierte Helligkeit an den dunklen Plätzen kleiner als 1 M. K. (rot) war. Unter 2461 Plätzen waren 459 vorhanden, an denen der Raumwinkel gleich Null war. In Göttingen fand Studtmann 1890 46 Proz. Plätze mit ungenügendem Raumwinkel. Die wiederholt an demselben Platze gemessene Helligkeit schwankt naturgemäß entsprechend der veränderlichen Bewölkung des Himmels innerhalb sehr weiter Grenzen. An gut beleuchteten Plätzen erhält man bei hellem Himmel leicht Werte von mehreren Hundert M. K., sogar 1000 und darüber.

Die Abnahme des Lichtes von der Fensterseite aus nach dem Innern der Zimmer ist eine außerordentlich starke. So fand Huth in Berliner Gemeindeschulen 1 m vom Fenster 354—420 M. K., 5 m vom Fenster 25—46 M. K. und 7 m vom Fenster nur 5—16 M. K. F. Erismann findet eine ähnlich schnelle Abnahme. Derselbe erhebt gegen die alleinige Benutzung des Raumwinkelmessers mit Recht diejenigen, auch von Gillert, Layet, Gruber gemachten Einwände, welche bereits oben unter 17. gewürdigt worden sind, und welche auf eine Modifikation des Cohn'schen Postulates von 50 Grad hindrängen,

*) Zu bemerken ist, daſs die Cohn'sche Forderung von 10 M. K. (in Rot gemessen) für Lampenlicht und Tageslicht nicht gleichbedeutend ist. 10 M. K. (rot) Tageslicht bedeuten eine Helligkeit, deren Aequivalenzwert = 23 M. K. (rot) Lampenlicht ist. Die obige von Cohn übernommene Formulierung (25 M. K. weiſses Tageslicht und 10—12 M. K. Lampenlicht) fordert demnach vom Tageslicht 2,3 mal so viel weiſses Licht als von der Lampenbeleuchtung. Da man überhaupt die Anforderungen an künstliche Beleuchtung niedriger bemessen wird, so mag jene prinzipielle Inkonsequenz dennoch praktisch brauchbar sein.

ohne damit die Messung des Raumwinkels entbehrlich zu machen. Solche Neuformulierung ist ihrem Gerippe nach oben unter **17.** angegeben.

Sehr sorgfältige Messungen sind auch von S. Boubnoff in zwei ziemlich gleichen nach resp. SW. und NO. gelegenen Zimmern seiner Wohnung gemacht. Die zeitlichen und räumlichen Aenderungen der Helligkeit mit und ohne teilweise Verhängung der Fenster wurde gemessen. Die Resultate bestätigen mehrere der auch theoretisch unmittelbar ableitbaren Gesetze der Lichtverbreitung und zeigen insbesondere 1) die nahe doppelt so gute Beleuchtung des SW.-Zimmers (cf. 18 [S. 76, Fig. 14]), 2) die außerordentlich starke, für eine doppelseitige Beleuchtung plaidierende Lichtabnahme nach der Tiefe des Zimmers zu.

H. Cohn, *Tageslichtmessungen in Schulen, D. med. Wochenschr.* (1884) *No.* 38; *Untersuchungen über die Sehschärfe bei abnehmender Beleuchtung, Arch. f. Augenheilk.* (1884) 13. *Bd.* 223—241; *Untersuchungen über die Tages- und Gasbeleuchtung in den Auditorien der Breslauer Universität, B. klin. Wochenschr.* (1885) *No.* 51; *Der Beleuchtungswert der Lampenglocken, Wiesbaden* 1885; *Die Hygiene des Auges in den Schulen, Wien und Leipzig* 1883; *Lehrb. der Hygiene des Auges, l. c., vergl. auch Referat von* **E. Pflüger**, *Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege* (1893) 6. *Bd.* 121—138; *Ueber die Notwendigkeit der Einführung von Schulärzten, Zeitschr. f. Hyg.* (1886) 1. *Bd.* 243; *Einiges über Schulhygiene in Konstantinopel, Zeitschr. f. Schulges.-Pfl.* (1888) 1 *Bd.* 11; *Ueber Sehschärfe bei photometriertem Tageslicht etc., Tagebl. der* 59. *Naturf.-Vers. Berlin* 1886, 222.

Tobias Mayer, *Experimenta circa visus aciem, Comm. soc. reg. IV, pars phys.* 97.

Aubert, *Physiologie der Netzhaut, Breslau* 1865.

Huth, *Tageslichtmessungen in Berliner Schulen, Zeitschr. f. Schulges.-Pfl.* (1888) *No.* 12.

O. Wachs, *Messungen der Tageshelle in Schulen, Zeitschr. f. Schulges.-Pfl.* (1889) 571.

Studtmann, *Untersuchungen über die natürliche Beleuchtung in den städt. Schulen Göttingens, Arch. f. Hyg.* (1890) 11. *Bd.* 393.

F. Erismann, *Ueber die Bedeutung des Raumwinkels zur Beurteilung der Helligkeit in Schulzimmern, Arch. f. Hyg. Jubelb.* (1893) 17. *Bd.* 203—233.

S. Boubnoff, *Zur Beleuchtungsfrage, Photometrische Tageslichtmessungen in Wohnräumen, Arch. f. Hyg. Jubelb.* (1893) 17. *Bd.* 49 *ff.*

DRITTER ABSCHNITT.

Die künstliche Beleuchtung.

21. Die physikalischen und chemischen Vorgänge der künstlichen Lichterzeugung. Jede Erzeugung von Licht ist mit dem Verbrauch eines anderswoher entnommenen Energiequantums (Arbeitsvorrates) verbunden. In der Regel entnimmt man diese Energie als chemische, indem man eine, Licht und Wärme produzierende Verbindung (Verbrennung) zweier bis dahin getrennter Körper vornimmt. Eine künstliche Lichtquelle braucht also im allgemeinen chemisches Brennmaterial. In einigen Fällen wird statt der chemischen Energie elektrische verbraucht, die ihrerseits dann freilich auch meistens aus chemischer (Gasmaschine, Kohlenfeuer) genommen ist. Es ist indessen nicht sowohl der eigentliche Verbrennungsprozeß, welcher Licht produziert, als vielmehr die bedeutende Temperatur der im Verbrennungsakte gasförmig vorhandenen und als solche meist wenig leuchtenden Verbrennungsprodukte, welche, andere gleichzeitig im Verbrennungsraum anwesende feste Körper mit erhitzend, diese zur Emission von Wärme und Lichtstrahlen veranlaßt. Bei der künstlichen Beleuchtung handelt es sich demnach ganz allgemein darum, Körper von möglichst hoch liegendem Schmelzpunkt auf eine möglichst hohe Temperatur zu erhitzen. In den meisten Fällen wird die so hervorgerufene Strahlung eine Menge von ultraroten, d. h. für die Lichtproduktion unnützen Strahlen mit enthalten. Je mehr diese zurücktreten gegen die optisch wirksamen Strahlen, um so vorteilhafter wird die Lichtproduktion sein. Die Beziehung, in welcher das Gesamtstrahlungsvermögen S aller Körper zu ihrer Temperatur T steht, ist von H. F. Weber in Zürich in die Formel gekleidet:

$$S = C \cdot e^{aT} \cdot T,$$

worin a eine allen Körpern gemeinsame Konstante 0,0043 und C eine jedem Körper eigentümliche „Emissionskonstante" ist. Für jede spezielle, durch ihre Wellenlänge λ gekennzeichnete Strahlungsart ist die Strahlungsgröße für die Flächeneinheit

$$s = C \cdot \pi \frac{1}{\lambda^2} \cdot e^{aT - \frac{1}{b^2 T^2 \lambda^2}}.$$

worin b eine jedem Körper eigentümliche Konstante, sein „Leuchtvermögen" ist. Für Kohle ist $b^2 = 19,1$.

Die Diskussion dieser Formel zeigt, daß das Maximum der Strahlung mit zunehmender Temperatur zu kleineren Wellenlängen vorrückt. Die Temperatur der in unseren künstlichen Lichtquellen strahlenden Körper ist mithin so zu bemessen, daß dieses Maximum der Strahlung, welches bei $\lambda = \frac{1}{b \cdot T}$ eintritt, innerhalb der Grenzen des sichtbaren Spektrums, also zwischen $\lambda = 0{,}00076$ und $\lambda = 0{,}00038$ mm fällt und zwar möglichst in die Region des gelben oder gelbgrünen Lichtes. Wird die Temperatur zu hoch, so erhalten wir einen Ueberfluß von blauen, dem Auge nicht angenehmen Strahlen, im entgegengesetzten Falle erhalten wir stark rötliches Licht mit einer Menge unbequemer, weil heißer ultraroter Strahlen. Ohne hier auf noch intimere Vorgänge der Strahlung, wie sie in reichem Maße in den Untersuchungen von Rob. von Helmholtz und W. Julius zu finden sind, einzugehen, möge doch als bedeutungsvoll für die Praxis hervorgehoben sein, daß feste Körper, in eine heiße Flamme gebracht, außerordentlich viel mehr strahlen als bloße leuchtende Flammen, welche aus einem Mantel von verhältnismäßig spärlich verteilten, beim Verbrennungsprozeß ausgeschiedenen und nun als feste kleinste Partikelchen leuchtenden Kohleteilchen bestehen. Eine Flamme ist also als ein ziemlich durchsichtiger Komplex von sehr kleinen leuchtenden Teilchen zu betrachten. Trotzdem verschlucken diese Kohleteilchen andere durch die Flamme hindurchgehende Lichtstrahlen. Von zwei hintereinander gestellten Flammen verschluckt die vordere einen merklichen Teil der von der hinteren kommenden Strahlen. Die Leuchtkraft eines Flachbrenners ist nach der Breitseite daher merklich größer als nach der Schmalseite.

Diese und ähnliche allgemeinere Ergebnisse sind offenbar für eine methodische Weiterbildung der Beleuchtungstechnik von größter Bedeutung. Ein und dasselbe der Natur entnommene Energiequantum kann durch die mehr oder weniger rationelle Verwendung außerordentlich verschiedene Mengen von Licht hergeben. So giebt 1 cbm Leuchtgas 45 Normalkerzen pro Stunde, wenn es in kleinen Illuminationslämpchen verbrannt wird; circa 110 N. K. in einem Argandbrenner, 500 im Auer'schen Gasglühlicht, ferner 270 N. K., wenn es mittels Speisung eines Gasmotors und Betriebes einer Dynamomaschine seine Energie in dem Lichte der elektrischen Glühlampen ausgiebt; endlich gar 750 N. K., wenn es auf demselben Umwege als elektrisches Bogenlicht verbrennt. Die Art des eigentlichen Verbrennungsprozesses bei den direkt zur Lichtproduktion verwandten Brennmaterialien ist also von Wichtigkeit. Als Mittel, die theoretische Forderung einer hohen Temperatur zu erfüllen, kommt in erster Linie die richtige Regulierung der Zufuhr von sauerstoffhaltiger Luft zur Flamme in Betracht. Zu knapper Luftzutritt bewirkt unvollkommene Verbrennung, in deren Gefolge nicht bloß geringere Lichtentwickelung, sondern auch größere Abscheidung gesundheitsschädlicher Verbrennungsprodukte, insbesondere des Kohlenoxydes eintritt. Auch das Flackern wird befördert. Andererseits ist aber auch die zu starke Luftzufuhr zu vermeiden. Wie das allbekannte Beispiel des Bunsenbrenners zeigt, kann hierdurch zwar die Temperatur der Flamme erheblich gesteigert werden, aber es geht auch zu gleicher Zeit die Verbrennung des ausgeschiedenen Kohlenstoffes so schnell vor sich, daß derselbe überhaupt nicht als leuchtender fester Körper in der Flamme auftritt. Die Flamme ist entleuchtet. Nur mit Hilfe des Kunstgriffes der Auer'schen Lampen kann die so entstandene hohe Temperatur dann

wieder für Lichtproduktion nutzbar gemacht werden, indem ein an der Verbrennung unbeteiligter Körper zum Glühen gebracht wird. Die Regulierung der Luftzufuhr kann daher bei gegebenem Brennstoff nicht über eine gewisse, von der Natur des letzteren abhängige Grenze hinaus die Leuchtkraft erhöhen. Wohl aber vermag ein anderes Hilfsmittel, nämlich die Vorwärmung, entweder der Brenngase oder der Luft, die Lichtemission zu erhöhen, indem hierbei ceteris paribus lediglich die Temperatur der Verbrennungsprodukte der Vorwärmung proportional steigt.

Die Brennmaterialien sind im allgemeinen Kohlenwasserstoffe, in denen C und H zu gleichen Aequivalenten vorhanden sind. Bei größerem C-Gehalt neigen die Flammen zur Rußbildung. Im Verbrennungsprozeß wird im ersten Stadium CO und H_2O gebildet unter Abscheidung von C, während im zweiten Stadium (äußerer Flammenmantel) die weitere Verbrennung des Kohlenoxyds und des abgeschiedenen Kohlenstoffs zu CO_2 erfolgt. Bisweilen enthalten die Brennstoffe stickstoff- und schwefelhaltige Verbindungen. Dann bilden sich Salpetersäure, Schwefelsäure, Ammoniak als Verbrennungsprodukte in meist kleinen Mengen. In Fällen unvollständiger Verbrennung treten Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd, Ruß und bei Talglichtern das die Augen angreifende Akrolein in hygienisch bedenklicherem Maße hinzu.

H. F. Weber-*Zürich*, *Untersuchungen über die Strahlung fester Körper*, *Sitzungsber. d. K. Preuſs. Akad.* (1888) 37. *Bd.* 933; *hierin weitere Litt. über Strahlung.*

Rob. von Helmholtz, *Die Licht- und Wärmestrahlung verbrennender Gase, gekrönte Preisschr. Berlin* 1890.

W. H. Julius, *Die Licht- und Wärmestrahlung verbrannter Gase, gekrönte Preisarbeit, Berlin* 1890.

22. Die hygienischen Anforderungen an künstliche Beleuchtung.

a) Die emittierte Lichtmenge muß möglichst groß sein; denn sie wird auch in den günstigsten Fällen immer noch sehr weit hinter dem Tageslicht zurückbleiben. Während uns das letztere leicht Helligkeiten der Arbeitsplätze von 1000 und mehr Meterkerzen gewährt, ließe sich eine so große indizierte Helligkeit bei künstlichen Lichtquellen nur erreichen in so großer Nähe der Lampen, daß schon diese Nachbarschaft der Wärmestrahlung wegen unbequem wäre. Ein Zuviel des Lichtes ist nur insofern zu verhindern, als bei sehr hellen Leuchtkörpern, z. B. den Kohlen des elektrischen Bogenlichtes, eine Verhüllung der hellen, das Auge bei direktem Hineinsehen blendenden Flächen notwendig ist. Je mehr durch solche Abblendung Licht für die zu beleuchtenden Räume verloren geht, um so größer muß die Menge des produzierten Lichtes sein.

b) Die künstliche Beleuchtung soll ihrer Farbe nach möglichst dem Tageslicht gleichkommen, dem unser Auge am besten angepaßt ist.

c) Das künstliche Licht soll nicht zucken; denn plötzliche Aenderungen der Helligkeit sind für das Auge außerordentlich schädlich.

d) Es soll möglichst wenig Verunreinigung der umgebenden Luft eintreten.

e) Es soll die Wärmestrahlung der künstlichen Lichtquelle eine möglichst kleine sein.

f) Es sollen die beim Betriebe der künstlichen Beleuchtung vorhandenen sonstigen Gefahren — Explosions- und Feuersgefahr — möglichst klein sein.

g) Es soll eine künstliche Beleuchtungsanlage auch für die Zeit des ruhenden Betriebes keine Gefahren bieten.

h) Endlich steht im Zusammenhange mit der Forderung a), daß die Beleuchtungskörper möglichst schnell und bequem in Stand gehalten werden können, und

i) daß das Licht möglichst billig sei.

23. Die künstliche Beleuchtung durch Verbrennungsprozesse.

a) Die Talgkerze. Das Talg ist ein Triglycerid, aus Tripalmitin, Tristearin und Triolein bestehend, es enthält 76,5 Proz. C, 12 H und 11,5 O. Die Verbrennung ist eine unvollständige. Die Luft wird namentlich mit Akrolein verunreinigt. Der Docht muß beständig geputzt werden. Die Intensität des Lichtes beträgt circa 1 Normalkerze. Verbrauch an Talg pro Kerze und Stunde 11 g. Der Verbrauch an Luft pro Kerzenstunde beträgt 110 l, die Produktion von CO_2 12,7 l, die Wärmeproduktion 106700 g Kal. nach [Uffelmann*)].

b) Die Stearinkerze. Enthält 76,85 Proz. C, 12,36 Proz. H und 10,79 O. Bei ungehindertem Luftzutritt ist die Verbrennung eine sehr vollständige. Eine Stearinkerze, 12 auf 1 kg, besitzt die Intensität von circa 1,6 Hefnerlicht. Die Lichtkerzenstunde verbraucht an Stearin 5,62 g., an atmosphärischer Luft 58,55 l, produziert dabei 8,22 l CO_2 und 54514 g Kal. Wärme (nach Uffelmann).

c) Die Paraffinkerze. Enthält Kohlenwasserstoffe der Zusammensetzung $C_{19}H_{42}$ oder $C_{20}H_{44}$. Verbrennung vollständig. Die Lichtkerzenstunde verbraucht circa 7,0 g Paraffin und produziert 11,06 l CO_2 und 64400 g Kal. (nach Uffelmann).

d) Die Wachskerze nimmt ihrem Leuchtvermögen und Verbrennungsmodus nach eine mittlere Stellung zwischen Talgkerze und Stearinkerze ein.

Bei der Kerzenbeleuchtung ist es nach Rubner vorteilhafter, wenige dickere Kerzen als entsprechend mehr dünnere zu brennen, da bei ersteren die verhältnismäßige Lichtproduktion eine größere ist.

Gegenüber den frei brennenden Kerzenflammen, deren Helligkeit nicht über einige Normalkerzen (Hefner) hinausgeht, bietet die Verwendung von flüssigen Brennstoffen in Lampen mit Zugcylinder erhebliche Vorteile. Hier ist zuerst zu nennen

e) die Oellampe. Die fetten Brennöle (besonders das Rüböl) enthalten neben Triglyceriden der Oel-, Palmitin- und Stearinsäure noch andere Triglyceride, z. B. der Erucasäure im Rapsöl, der Laurinsäure im Kokosnußöl, außerdem auch freie Fettsäuren. Zusammensetzung etwa 77 Proz. C, 11,6 H, 11,4 O.

Wegen der langsamen Aufsaugung des Oeles durch den Docht bringt man die Oelgefäße entweder seitlich bezw. ringförmig in der Höhe der Flamme an oder man preßt durch mechanischen Druck (Moderateurlampen) das Oel in die Höhe. Nach Putzeys verbraucht eine gute

*) Es ist bei der Umrechnung auf Kerzenstunden (Hefnerlicht) angenommen, daſs die Angaben von Uffelmann sich auf die Walratkerze als Lichteinheit beziehen (cf. oben 8 [S. 7]).

Oellampe pro Kerzenstunde ca. 5 g Oel und ein Luftquantum von 56,09 l und produziert 7,55 l CO_2 und 47275 g Kal. Wärme. Die absolute Helligkeit hängt ganz von den Dimensionen der Lampe ab und kann bei mittelgroßen Tischlampen auf etwa 10 Kerzen angenommen werden. Fast gänzlich verdrängt ist die Oellampe durch

f) die Petroleumlampe. Das natürlich vorkommende Erdöl ist ein bald dickes, bald dünnflüssiges Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffe der Methanreihe. Durch Destillation und nachfolgende Behandlung mit Natron, Schwefelsäure und Wasser werden die leicht flüchtigen Bestandteile, Rhigolen, Petroleumäther, Gasolin, Petroleum-Benzin (Siedep. 80—110°), Ligroin, Putzöl abgeschieden. Das übrig bleibende raffinierte Petroleum soll von den genannten Bestandteilen so weit gereinigt sein, daß es nach der deutschen Verordnung vom 24. Februar 1892 einen Siedepunkt von 200° C. besitzt und nicht unter 21° C. entflammbare Dämpfe entweichen läßt. Das spez. Gew. ist 0,81. Zur Erkennung der Entflammungstemperatur sind besondere Apparate (u. a. von Engler und von Abel) konstruiert. In diesen wird das eingeschlossene Petroleum so lange langsam erwärmt, bis ein 5—6 mm über der Oberfläche übergehender Funke eine Explosion bewirkt. Von der Entflammungstemperatur verschieden ist die Entzündungstemperatur, bei welcher das Petroleum im offenen Gefäße frei zur Verbrennung zu bringen ist. Diese liegt 5—12° C. über jener und ist in Oesterreich gesetzlich auf 33° R. = 41,25° C. im Minimum normiert.

Vergl. näheres unter **Weyl**, *Gebrauchsgegenstände 3. Bd. 335 dieses Handbuchs.*

Schlecht gereinigtes oder absichtlich mit flüchtigeren Verbindungen versetztes Petroleum, welches teils durch Explosionsgefahr, teils durch schädliche Verbrennungsprodukte zu fürchten ist, wird zur Verdeckung des an dem geringeren spez. Gew. sonst erkennbaren Betruges oft mit einem fetten oder Harzöl versetzt, ohne daß dadurch die Gefährlichkeit beseitigt wird. Gleiche Volumina concentrierte Schwefelsäure und Petroleum vermischt sollen sich um höchstens 5° erwärmen und keine Bräunung zeigen, wenn das Petroleum frei von fremden Oelen ist. Harzöle machen sich bei Zusatz von Silbernitratlösung durch Schwärzung bemerkbar. Auch auf etwaigen Gehalt an Schwefelsäure, von der Reinigung herrührend, ist das Petroleum zu untersuchen.

Das Petroleum ist ein vorzügliches Brennmaterial für Lichtgewinnung. Es wird vom Dochte der Lampen leicht in die Höhe geführt. Die Verbrennung ist eine vollständige, solange einerseits das Rußen, andererseits ein zu niedriges Brennen vermieden wird. Es ändert sich die Leuchtkraft während des Brennens etwas, da die leichter flüchtigen Bestandteile anfänglich reichlicher verbrennen und die schwerer flüchtigen in dem Bassin zurückbleiben.

Je nach der Konstruktion des Brenners und des Cylinders ist die Lichtproduktion mehr oder weniger vorteilhaft. Verschiedene (raffinierte) Petroleumsorten verlangen meistens für maximale Lichtentwickelung auch verschiedene, jeder Sorte angepaßte Brenner und Cylinder.

Petroleumlampen lassen sich bis zu einer Lichtintensität von 100 Normalkerzen und darüber herstellen. Pro Kerze und Stunde gebraucht eine mittlere Petroleumlampe etwa 2,8 g. Bei größeren Lampen mit besonders vorteilhaftem Luftzutritt reduziert sich der Konsum bis auf

etwa 2 g, während er bei ganz kleinen Lampen von wenigen Kerzen auf 3—4 g steigt. Bei 2,8 g Konsum ist die Produktion von CO_2 4,4 l, von Wärme 20160 g Kal.

g) Das Leuchtgas. Die Kunst, brennbare Gase herzustellen, ist zuerst dem deutschen Chemiker und Arzte Becher bekannt gewesen, der 1681 ein Patent auf Vergasung von Steinkohlen und Torf nahm. Die praktische Verwendung begann erst am Ende des 18. Jahrhunderts durch Dundonald (1786), Pickel in Würzburg (Knochengas) und den eigentlichen Erfinder der Gasbeleuchtung, William Murdoch, der 1798 die wesentlichen Grundlagen der Gastechnik schuf.

Das Leuchtgas kann aus einer großen Anzahl teils fester, teils flüssiger Brennstoffe gewonnen werden, aus Steinkohlen, Torf, Braunkohlen, Oelen, Harzen etc. Vorzugsweise in Betracht kommt die Destillation aus Steinkohle. Die mit Steinkohle beschickten Retorten werden erhitzt und geben als Destillationsprodukte das rohe Leuchtgas, als Rückstände teerige Produkte und Coaks. Durch Kalkhydrat und Eisenoxyd wird das Gas von CO_2 und H_2S gereinigt, in Gasometer übergeführt und von hier durch unterirdische Röhrensysteme mit einem Ueberdruck von 25—32 mm*) Wassersäule den Konsumenten zugeführt. Ca. 10—20 Proz. der ganzen Jahresproduktion geht nach Rosenboom**) durch Undichtigkeit der Röhren verloren, dringt in den Boden und zum Teil in die Wohnhäuser, namentlich im Winter, wo die Aspirationskraft der Häuser eine größere ist. In jedem Haus sind von der Gasuhr an gleichfalls einige Proz. des Gesamtkonsums als Verlust durch Undichtigkeit zu rechnen. Nach Gruber beginnt solche Beimischung des Gases gesundheitsschädlich zu werden, wenn dieselbe 0,05 Proz. der vorhandenen Luft beträgt. Nach Bunte erkennt man am Geruch infolge einiger dem Gase beigemischter Riechstoffe 0,01—0,02 Proz. Vom Erdreich werden indessen die Riechstoffe absorbiert, sodaß die Warnung durch den Geruch hier wegfällt. Eigentliche Brüche der Gasröhren im Erdreich sind daher gefährlich.

Der Vergiftungsgefahr schließt sich die Explosionsgefahr an, wenn 6—7 Proz. Leuchtgas der Luft beigemengt sind. Beide Gefahren werden in erhöhtem Maße durch sorglose oder unzweckmäßige Bedienung der Hähne heraufbeschworen.

Die mittlere Zusammensetzung des Steinkohlengases ist 59,5 Volum-Proz. leichte Kohlenwasserstoffe (Sumpfgas), 5,7 Proz. schwere Kohlenw. (ölbildende Gase), 30,0 Proz. Wasserstoff, 4,5 Proz. Kohlenoxyd, 0,3 Proz. Kohlensäure. Zu den leichten Kohlenwasserstoffen ($C_n H_{2n}$) gehören Aethylen, Propylen, Butylen und Acetylen. Zu den schweren Benzol ($C_6 H_6$); ferner Toluol ($C_7 H_8$), Xylol ($C_8 H_{10}$), Cumol ($C_9 H_{12}$), Naphthalin ($C_{10} H_8$). Verunreinigungen sind: Sauerstoff, Wasserdampf, Stickstoff, Ammoniak, Cyan, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Rhodanverbindungen. Das spez. Gew. (Luft = 1) ist 0,36—0,62.

Die absolute Intensität des Gaslichtes schwankt je nach dem Konsum und der Größe der Lampe oder des Brenners innerhalb sehr bedeutender Grenzen von kleinen Flämmchen unter 1 Kerze bis zu Hunderten von Kerzen. Aber auch die Intensität im Verhältnis zum Gaskonsum ist nach der Art des Brenners sehr verschieden.

*) Bei geringerem Druck würde der Betrieb von Gasmotoren erschwert werden.

**) Nach Rosenboom (siehe das folgende Kapitel) beträgt dieser Verlust im Durchschnitt nur 6—7 Proz.

Die Kerzenstunde verbraucht bei offenen Flammen (Einlochbrenner, Schnittbrenner, Zweilochbrenner) zwischen 20 und 36 l, im Durchschnitt etwa 30 l. Beim Argandbrenner zwischen 9 und 15, im Durchschnitt etwa 12 l*); beim Regenerativbrenner 3,7—6, im Durchschnitt 4,4 l. Für Argandbrenner mit einem Konsum von 12 l pro Kerzenstunde ist der Verbrauch an Sauerstoff 13,44 l, an Luft 64,0 l; die Produktion an CO_2 ist dabei 6,84 l, die Wärmemenge 63960 g Kal.

Nach der Beschaffenheit des Brenners unterscheidet man: 1) offene Flammen. Man benutzt kleine cylindrische Specksteinbrenner, entweder mit einem axialen Loch (Einlochbrenner, selten) oder mit einem flachen Schnitt (Fledermaus, Schmetterling oder Straßenbrenner), oder mit zwei gegeneinander gerichteten Löchern, deren Flamme sich quer gegen die Richtung der Löcher stellt und am ruhigsten brennt. 2) Argandbrenner. Das Gas entströmt einem Specksteinkranz mit 20—40 kleinen Löchern und kann bei sehr kleinem Druck brennen. Ein Cylinder schützt die Flamme vor Störungen und befördert die Luftzufuhr. 3) Die von Fr. Siemens konstruierten Regenerativbrenner. Die Konstruktion eines solchen ist durch nebenstehende Figur 15 erläutert. Das Gas tritt an dem äußeren unteren Rande des Porzellancylinders b aus einem Brennerkranze aus. Die Flamme entwickelt sich zwischen b und dem äußeren Glascylinder a, wird durch den in d, e, c sich entwickelnden Zug über den oberen Rand von b in denselben hineingezogen, dabei b zur Weißglut bringend. Die zuströmende Luft erwärmt sich in den Räumen f und g. Die verbrannten Gase werden in einen Kamin geleitet. Ein solcher Brenner giebt eine bedeutend größere Ausnutzung des Gases, verunreinigt die Luft nicht nur nicht, sondern wirkt vielmehr kräftig ventilierend und ist durch sehr ruhiges Brennen ausgezeichnet. Die Farbe ist wesentlich weißer als bei Argandbrennern und offenen Flammen.

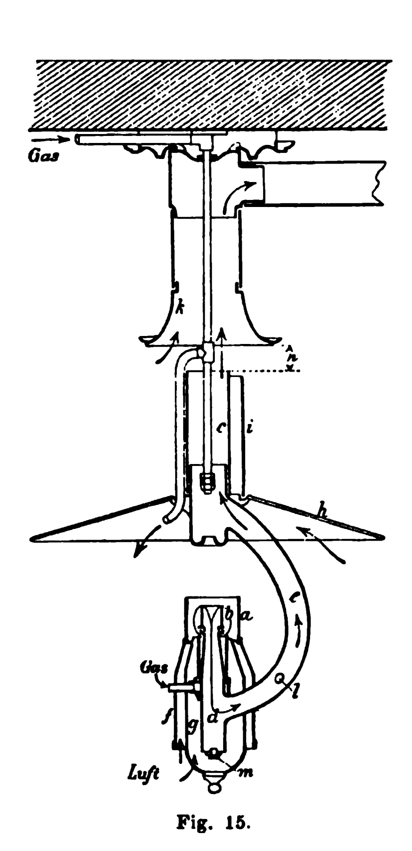


Fig. 15.

Eine Modifikation des Siemens'schen Brenners ist die Wenhamlampe, bei welcher die Flamme nach unten strömt und durch ähnliche Zugführung um den unteren Rand eines Porzellancylinders nach innen und oben herumgezogen wird. Der Wenhambrenner ist symmetrischer gebaut und sendet seine Hauptlichtmenge nach unten, anstatt

*) Nach Rosenboom (siehe das folgende Kapitel) beträgt dieser Durchschnitt nur etwa 9,5 l.

wie beim ursprünglichen Siemensbrenner nach der Seite. Später (1887) ist von Fr. Siemens gleichfalls ein „invertierter Regenerativbrenner" gebaut und hat eine sehr große Verbreitung gefunden (Fig. 16).

h) Weitere Arten des Leuchtgases, von meist geringer praktischer Bedeutung, sind

1) das Oelgas. Dasselbe wird aus Oelen und Fetten gewonnen, bedarf einer geringeren Reinigung und ist von hoher Leuchtkraft. Die Fabrikation ist jedoch wegen der teureren Rohstoffe in der Regel zu kostspielig.

2) Holz- und Torfgas, durch Destillation aus diesen Materialien gewonnen, sind gleichfalls teurer als Steinkohlengas.

3) Suintergas. Dasselbe wird aus dem Verdampfungsrückstand (Suinter) der seifehaltigen Waschwässer von Kammgarnfabriken etc. gewonnen.

4) Petroleumgas. Die Leuchtkraft ist eine sehr große. Es kann in kleineren Apparaten hergestellt werden, scheint aber auch der größeren Kosten wegen zu allgemeiner Anwendung nicht geeignet.

5) Das Albokarbongas. Gewöhnliches Steinkohlengas streicht, bevor es zum Brenner gelangt, durch ein Basin mit geschmolzenem Naphthalin. Dadurch wird das Gas karbonisiert und brennt unter Verdoppelung der Lichtstärke mit sehr weißer Flamme. Die Flamme neigt zum Rußen.

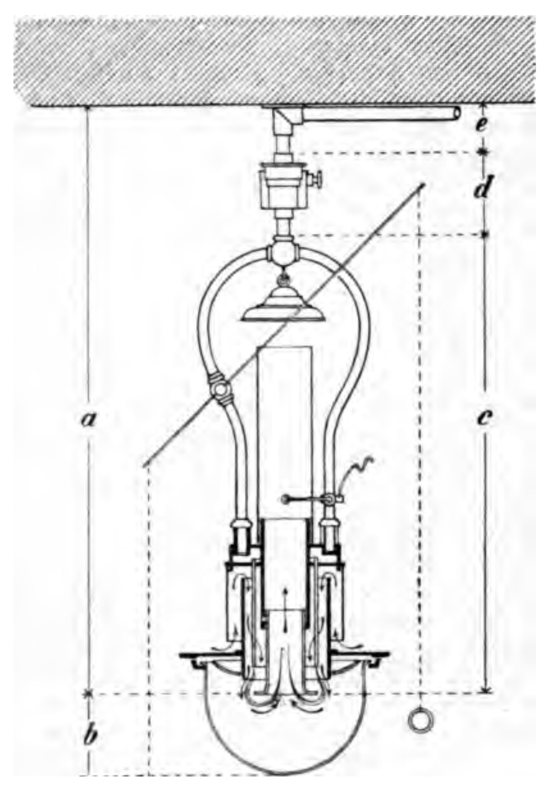


Fig. 16.

Die bisher genannten Beleuchtungsmittel haben das Gemeinsame, daß durch Zersetzung der im Brennstoff enthaltenen Kohlenwasserstoffe Kohle ausgeschieden wird, welche selbst den eigentlich lichtaussendenden Körper bildet. Bei den folgenden Systemen wird das Brennmaterial direkt nur zur Erzeugung einer heißen Flamme verbraucht, und in die letztere wird ein dem Konsum nicht weiter ausgesetzter Glühkörper gebracht. Es gehören hierher

i) das Fahnejhelm'sche Wassergaslicht. Man erhält das Wassergas, indem man Wasserdämpfe über glühende Kohlen leitet. Es bildet sich dann ein Gemisch von Wasserstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure und Sumpfgas. Das Kohlenoxyd ist darin von 3—33 Proz., mitunter

selbst bis 50 Proz. enthalten. Die bläuliche Flamme ist außerordentlich heiß. Dieselbe wird entweder durch Dämpfe von Benzin, Petroleum etc. karbonisiert und dadurch leuchtend gemacht, oder man bringt in dieselbe entweder ein Körbchen aus Platindraht (daher auch die Bezeichnung Platingas) oder nach Fahnejhelm'scher Methode Nadeln aus gebrannter Magnesia. Man erzielt dadurch ein sehr weißes Licht, welches nur 8—9 l Gas pro Kerzenstunde verbraucht, eine absolute Helligkeit von über 20 Kerzen besitzt und nur etwa halb so heiß ist wie eine entsprechende Steinkohlengasflamme. Leider ist dieses in Nordamerika mehrfach zur Städtebeleuchtung verwandte Licht durch seinen starken Kohlenoxydgehalt der Gesundheit sehr gefährlich.

k) Das Auer'sche Gasglühlicht. Das gewöhnliche Leuchtgas wird nach Art des Bunsenbrenners mit Luft vermischt, bevor es in die Flamme tritt. Aus dem entsprechend modifizierten Argandbrenner entwickelt sich nun eine nur wenige cm hohe, sehr heiße, blaugrüne Flamme. In dieselbe wird ein cylindrischer, oben zusammengeschnürter, sehr zarter sogenannter Strumpf von 6—7 cm Länge gehängt. Ursprünglich ist dieser Strumpf aus Baumwollfäden gewebt, welche jedoch mit einer unverbrennlichen Komposition aus den Oxyden mehrerer seltener Mineralien getränkt sind. Während der Baumwollkern verbrennt, bleiben die Mineralien in Gestalt eines sehr zarten unverbrennlichen Geflechtes übrig. Nach der Analyse von Mc Kean sind in ungleichen Mengen in den Glühkörpern nachweisbar: Zirkon, Thor, Lanthan, Cer, Didym, Erbium, Niobium und Yttrium. Die große Zerbrechlichkeit des Strumpfes verhinderte zuerst eine allgemeinere Benutzung. Verbesserte Herstellungsmethoden, welche das Geheimnis des Erfinders sind, haben indessen im Anfang der 90er Jahre dem Strumpfe bereits eine solche Stabilität gegeben, daß eine rapide Ausbreitung in der Benutzung dieses Lichtes erfolgte. Bei gleichem Gasverbrauch ist die Intensität eines Auerbrenners etwa 6 mal so groß als diejenige eines Argandbrenners und etwa doppelt so groß als diejenige einer Regenerativlampe. Im Mittel der Messungen von G. Karsten, Fähndrich, H. W. Vogel verbraucht das Auerlicht pro Kerzenstunde nur 1,9 l Gas und produziert nur circa 11000 g Kal. Die absolute Helligkeit einer Auerlampe von der Größe eines mittleren Argandbrenners wird bis zu 80 Kerzen angegeben. Die Farbe ist dem Tageslicht ziemlich nahekommend.

Für die Rentabilitätsberechnung kommt in Betracht, daß der Strumpf von Zeit zu Zeit erneuert werden muß. Je nach der Festigkeit der Aufstellung und dem Schutze vor dauernden Erschütterungen ist die Lebensdauer desselben wechselnd. Im Durchschnitt mögen 400 Brennstunden zutreffen. In dieser Zeit würde ein Brenner von 50 Kerzen $50 \times 1{,}9 \times 400 = 38000$ l Gas verbrauchen. Rechnet man nach Rosenboom (siehe das folgende Kapitel) den durchschnittlichen Preis des Gases zu 16 Pf. pro cbm, so würde der Preis jener 38 cbm von 6,08 M. noch um den Preis eines Strumpfes von 2,50 M., also um circa 40 Proz., erhöht in Anrechnung zu bringen sein. Diesem Preiszuschlag zum Gase steht dann eine Lichtvermehrung auf 600 Proz. gegenüber.

l) Das Drummond'sche Kalklicht und das Linnemann-sche Zirkonlicht. In der Flamme eines Knallgasgebläses (Drummond) oder Leuchtgas-Sauerstoffgebläses (Linnemann) wird ein fester bezw. aus Kalk oder Zirkon bestehender Körper in lebhafte Weißglut versetzt. Diese beiden Lichtquellen eignen sich weniger für die prak-

tischen Zwecke der Beleuchtung als vielmehr für Projektionen und Versuche im Laboratorium.

H. Cohn, *Hygiene des Auges.*
G. Karsten, *Ueber das Auer'sche Gasglühlicht, Schrift. d. Naturw. Vereins f. Schlesw.-Holst.* (1893) 10. *Bd.* 72.
R. von Helmholtz, *l. c., siehe S.* 86.
Mc Kean, *Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure* (1893) 37. *Bd.* 311.
Fähndrich, *Journ. f. Gasbel.* (1892).
H. W. Vogel, *Photogr. Mitt.* (1893) 29. *Bd.* 15. *März.*

24. Die Lichterzeugung durch den elektrischen Strom*).

Die praktische Lösung des Problemes, mit Hilfe des elektrischen Stromes Beleuchtungsanlagen in größerem Umfang einzurichten, ist nur durch das Zusammenwirken einer großen Zahl hervorragender elektrotechnischer Fortschritte möglich geworden. Nur der entscheidendste derselben — die Konstruktion der Dynamomaschine durch W. von Siemens — mag hier genannt sein. Denn ohne die Dynamomaschine ist es nicht möglich, in verhältnismäßig wohlfeiler Art die von der Natur in den großen Kohlenlagern, den Wind- und Wasserkräften uns fertig dargebotene Energie in die Form des elektrischen Stromes zu bringen. Verbinden wir die beiden Klemmschrauben einer Dynamo durch einen metallischen Leiter, so fließt in demselben der elektrische Strom. Der Strom erwärmt den Leiter im Verhältnis seines Widerstandes und der Spannungs-(Potential-)Differenz der Klemmschrauben. Es würde die Temperatur des Leiters bis ins Ungemessene steigern, wenn nicht mit wachsender Temperatur auch der Wärmeverlust des Leiters an seine Umgebung, sei es durch Leitung oder Strahlung, wüchse. So bildet sich bald nach dem „Schluß“ des Stromes ein stationärer Zustand, bei welchem die vom Strome abgegebene, in Wärme verwandelte Energie genau in demselben Betrage durch Strahlung von dem Leiter an seine Umgebung wieder ausgegeben wird. Wählt man als Leiter einen sehr dünnen Draht, dessen Widerstand seinem geringen Querschnitt entsprechend groß ist, so vermag die große in ihm sich anhäufende Wärmemenge nur dann von der kleinen Oberfläche des Drahtes wieder ausgegeben zu werden, wenn die Temperatur eine sehr hohe ist und jene kurzwelligen Strahlen sich bilden, die wir als Licht empfinden. Bei den Glühlampen ist der zarte, dünne Kohlenbügel durch beiderseitige Anschaltung desselben an die gutleitenden beiden Maschinendrähte jener Teil des „Schließungskreises“, der den größten Widerstand bietet. Beim Bogenlicht spielt die kurze Luftstrecke zwischen den beiden mit den Maschinenpolen verbundenen Kohlen die Rolle des schlechten und sich erhitzenden Leiters, während das gleichzeitige Verbrennen dieser beiden Kohlen von sekundärem Belang ist.

Bei beiden Arten elektrischen Lichtes bleiben diese kurz angedeuteten Grundzüge der Erscheinung auch dann dieselben, wenn die Klemmen der Dynamomaschine in schnellem Tempo ihre Spannung vertauschen und den Strom dadurch zu einem Wechselstrom machen.

*) Genaueres über elektrische Beleuchtnng siehe in dem Kapitel von Dr. Kallmann.

25. Das elektrische Glühlicht *).

Die Idee der Glühlampe wurde von dem Belgier Jobard (1838) gefaßt, weitere Etappen ihrer Entwickelung knüpfen sich an die Namen de Changy (1844), Starr (1845), du Moncel (1859), Khotinsky, Florensoff und Bouliguine (1872), Lodyguine (1874), Konn (1875), Sawyer und Man (1878). Erst 1879 gelang es fast gleichzeitig Swan und Edison, die Glühlampe in ihrer jetzigen Beschaffenheit zu konstruieren. In ein kugel- oder meist birnenförmiges, überall geschlossenes Glasgefäß sind 2 Platindrähte eingeschmolzen, welche außerhalb der Lampe in metallischen Kontakt mit den Maschinenleitungen gebracht werden und innerhalb derselben durch einen zarten Kohlefaden mittels galvanoplastischen Kupferniederschlages verbunden sind. Trotz des sehr geringen Querschnittes des Fadens, der bei kleinen Lampen etwa bis auf $^1/_{50}$ qmm heruntergeht, besitzt der Faden doch eine genügende Stabilität, um mechanischen Erschütterungen zu widerstehen. Derselbe wird durch Verkohlung härtester Bambusfasern gewonnen. Zur Verhütung seiner Verbrennung ist das Glasgefäß sehr vollständig ausgepumpt. Der Verbrauch an elektrischer Energie wird gemessen durch das Produkt $i.e$ aus Stromstärke und Spannungsdifferenz an den beiden Drahtzuleitungen. Beide Größen werden nach Einheiten, die dem absoluten Maßsysteme entnommen sind, ausgedrückt, jene (i) nach ampère, diese (e) nach volt. Während die Gesamtstrahlung (Wärme + Licht) der elektrischen Arbeit $A = ie$ proportional geht, wächst die Lichtemission mit der 3. Potenz von A oder bei unverändertem Widerstand mit der 6. Potenz von i. Mit zunehmender Stromstärke wird die Farbe des Lichtes weißer, die Lebensdauer der Lampe aber geringer. Man wählt daher für den Betrieb eine solche Stromstärke, daß das Licht nur ein wenig weißlicher ist als Kerzen- oder Gaslicht. Der nach ohm gemessene Widerstand der Lampe wird vorzugsweise durch Verkürzung des Kohlefadens bei verschiedenen Lampensorten verschieden groß gemacht und der disponiblen Spannung e derart angepaßt, daß auf Grund der Ohm'schen Relation $i = \frac{e}{w}$ eine passende, circa 0,7—0,8 amp. betragende Stromstärke herauskommt. Man bezeichnet die Lampen nach derjenigen Spannung e, welcher sie angepaßt sind, z. B. als Lampen von 2, 10, 32, 65 etc. volt. Gebräuchliche Spannungen sind 65 und 110 volt. Beträgt das Produkt $i.e$ die Zahl 736 (Voltampère), so ist die geleistete elektrische Arbeit äquivalent einer Pferdekraft. 1 Voltamp. pro Sekunde wird 1 Watt genannt.

Das Licht der Glühlampen strahlt im Vergleich mit anderen Lichtquellen außerordentlich wenig Wärme aus, es ist keiner Störung durch Zugluft ausgesetzt und zuckt daher nur, wenn Unregelmäßigkeiten im Betrieb der Dynamo vorkommen, die sich jedoch insbesondere bei größeren Anlagen, oder durch Hinzufügung von Akkumulatoren fast ganz beseitigen lassen. Die hygienischen Gefahren der Glühlampen sind außerordentlich gering, da Luftverschlechterung ganz, Feuersgefahr bei solider Anlage fast ganz ausgeschlossen ist. Nur der hohe Glanz (Flächenhelligkeit) des leuchtenden Fadens ist zu scheuen. Diese

---

*) Genaueres über elektrische Beleuchtung siehe in Beleuchtung Kap. III.

Flächenhelligkeit ist etwa 150mal*) größer als diejenige einer Kerze. Zur Vermeidung einer Blendung sind die Glühlampen daher mit lichtzerstreuenden Gläsern zu versehen. Uebrigens ist die Blendungsgefahr bei größerem Abstand der Lampen vom Auge gering.

Da sich die Glühlampen in beliebig großer Zahl durch sogen. Parallelschaltung an die Maschinendrähte anlegen lassen, falls die Maschine nur kräftig genug ist, und nach Bedarf einzeln ausgeschaltet werden können, so eignen sich Glühlampen in ausgezeichneter Weise zu größeren, von einer Centrale gespeisten Anlagen.

E. Hagen, *Die elektrische Beleuchtung mit besonderer Berücksichtigung der in den Vereinigten Staaten Nordamerikas zu Centralanlagen vorwiegend verwendeten Systeme*, *Berlin* 1885.
La lumière électr. 4 *Bd.* 580.
v. Urbanitzky, *Das elektrische Licht*.
Elektrotechn. Zeitschr. (1882) 3. *Bd.* 342.
Polytechn. Notizbl. (1884) 39 *Bd.* 2.
C. Coerper, *Zur Geschichte der elektrischen Glühlichtbeleuchtung*, *Köln* 1883.
Scientific American (1879) 40. *Bd.* 145.
Renk, *Die elektrische Beleuchtung des Hof- und Nationaltheaters in München nebst Bemerkungen über den Glanz des elektr. Glühlichtes*, *Arch. f. Hyg.* (1885) 3. *Bd.* 1; *Centralbl. f. Elektrot.* (1885) 210.
Cl. Hess, *Helligkeit und Arbeitsverbrauch elektrischer Glühlampen*, *Progr. d. Thurgauischen Kantonsschule* (1886).
Auf eine Wiedergabe der neueren Litteratur über Glühlampen mufs des gewaltigen Umfanges wegen verzichtet werden.

26. Das elektrische Bogenlicht**).

Der Davy'sche Lichtbogen zwischen 2 mit dem + und — Pol der Maschine verbundenen Kohlen kommt erst zustande, wenn die Kohlen für einen kurzen Moment in unmittelbare Berührung gesetzt und nun auseinander gezogen werden. Der Lichtbogen hält nun so lange an, als die Distanz der Kohlen nicht zu groß wird. Da letztere an der Luft langsam verbrennen, die positive Kohle schneller als die negative, muß ein Regulator für die zur Stromstärke passende kleine Distanz der Kohlen angewandt werden. Nach der Konstruktion dieses automatisch durch elektromagnetische Wirkungen funktionierenden Regulators unterscheiden sich die verschiedenen Typen von Bogenlichtlampen. Der Vorgang der Lichtentwickelung ist immer der gleiche. Nur bei einem System, der Soleillampe, wird ein Stück Marmor vom Lichtbogen mit zur Weißglut erhitzt und beeinflußt dadurch merklich die Farbe des Bogenlichtes. Die letztere ist nicht, wie bei den Glühlampen, mit der Stromintensität variabel. Sie ist durchweg eine charakteristisch bläuliche. Das Bogenlicht ist infolge der enorm hohen Temperatur der Kohlenenden von allen Lichtquellen die konzentrierteste. Die absolute Intensität kann bis auf 20000 Kerzen und darüber getrieben werden, während die Flächenstücke, die diese große Lichtmenge aussenden, wenige Quadratcentimeter messen. Die Flächenhelligkeit der Kohlen ist daher wenigstens 1000—10000 mal größer als diejenige einer Kerzenflamme, und das Auge verträgt es nicht, ohne Schutz in das Bogenlicht zu schauen.

Das Bogenlicht erreicht nur in seltenen Fällen bei ausgezeichneten Regulatoren die ruhige Gleichmäßigkeit der Intensität wie das Glüh-

*) Renk findet mit Hilfe einiger nicht einwandsfreier Reduktionen hierfür nur das Verhältnis 1 : 17, Voit dagegen 1 : 133.

**) Genaueres über elektrische Beleuchtung siehe in dem folgenden Abschnitt über die Sicherheitstechnik für elektrisches Licht.

licht. Dagegen ist die Ausnutzung der ebenso, wie bei den Glühlampen zu berechnenden elektrischen Arbeit eine noch günstigere wegen der höheren Temperatur des strahlenden Körpers. Das Bogenlicht ist vorzugsweise geeignet zur Beleuchtung von freien Plätzen.

Eine besondere Art von Bogenlichtlampe ist die Jablochkoff-Kerze. Zwei parallele dünne Kohlenstäbe sind durch eine mehrere Millimeter dicke Schicht von Kaolin voneinander getrennt. Der Lichtbogen spielt am oberen Ende von Kohle zu Kohle über, indem er dabei die zwischenliegende Kaolinschicht zu heller Weißglut erhitzt und dieselbe in gleichem Tempo mit den Kohlen herunterbrennen läßt. Diese Kerzen werden mit Wechselstrom betrieben.

Fizeau *und* **Foucault**, *Untersuchungen über die Intensität des beim Davy'schen Versuch von den Kohlen ausgesandten Lichtes*, *Pogg. Ann.* (1844) 63. *Bd* 463.

W. Th. Casselmann, *Ueber einige im Kreise der Kohlenzinkkette beobachtete Lichterscheinungen* *Pogg. Ann.* (1844) 63 *Bd* 576.

A. Masson, *Etudes de photométrie électrique* (1845), *Ann. de chim. et de phys* (3) 14. *Bd.* 129.

H. Tresca, *Expériences faites pour la détermination du travail dépensé par les machines magnéto-électriques*. *C. R.* (1876) 82. *Bd.* 299.

P. Heilmann *und* **Th. Schneider**, *Eclairage industrielle par la lumière électrique*, *Bull. de la Soc industr. de Mulhouse* 1876.

E. Hagenbach, *Untersuchung der Gramme'schen elektrodynamischen Maschine*, *Pogg. Ann.* (1876) 158. *Bd.* 599

L. Schwendler, *Precis of report in electric light*, *Zeitschr. f. angew. Elektrot.-Lehre* (1878) 1. *Bd.* 217.

Abney, *On the photometry of the magneto electric light*, *Proc. Roy. Soc. London* (1878) 27. *Bd* 157.

Allard, *Bericht an den Munizipalrat von Paris über die Beleuchtung mit Jablochkoffkerzen*, *Paris* 1879.

Auch über das Bogenlicht ist die neuere Litteratur zu umfangreich, um hier wiedergegeben werden zu können.

27. Die räumliche Ausbreitung des Lichtes der künstlichen Lichtquellen.

Keine einzige der künstlichen Lichtquellen sendet nach allen Seiten des Raumes gleichmäßig viel Licht aus, mit anderen Worten, die Intensität derselben, nach verschiedenen Richtungen gemessen, ist verschieden. Am gleichmäßigsten verhalten sich Kerzenflammen. Diese strahlen zunächst nach allen Richtungen in der horizontalen Ebene gleiche Lichtmengen aus. Schräg aufwärts oder abwärts wird die Intensität wegen der eigenen Absorption der Flamme eine nur etwas kleinere. Senkrecht nach unten ist sie wegen der vollständigen Schattenbildung der Kerze selber gleich Null. Stärkere Unterschiede für verschiedene Neigung der Lichtstrahlen gegen die Horizontale treten bei cylindrischen Flammen mit Glascylinder ein (Argandbrenner, Lampen mit Runddocht). Bei Flammen mit Flachbrenner kommt noch eine Verschiedenheit der Lichtemission für verschiedene seitliche Richtung hinzu. Petroleumflachbrenner z. B. leuchten nach der Schmalseite der Flamme zu etwa 20—30 Proz. weniger als nach der Breitseite. Auch Glühlampen zeigen kleine Unterschiede nach verschiedenen seitlichen Richtungen. Diese besitzen dagegen den Vorzug, falls sie mit ihrer Basis nach oben zu befestigt sind, eine ziemlich gleichmäßige Lichtverteilung in den geneigten Richtungen bis zur senkrechten hin zu haben, ein Vorzug, den sie mit der Wenham-Lampe teilen. Die größte Besonderheit tritt bei

dem Bogenlicht ein. Sind die vertikal übereinander stehenden Kohlenstäbe so an die Leitung geschlossen, daß die obere Kohle die positive ist, so findet die stärkste Lichtemission unter einem Winkel von etwa 40° gegen die Horizontale nach unten zu statt. Dieselbe nimmt sehr schnell sowohl für stärkere als für schwächere Neigung ab und geht in der Horizontalebene bis auf etwa den zehnten Teil zurück.

Bei der genauen Angabe der Intensität einer Lichtquelle ist daher sehr wohl zu beachten, für welche Richtung diese Intensität verstanden ist. Unter der mittleren räumlichen Intensität einer Lampe versteht man den Mittelwert aus den nach verschiedenen Richtungen gewonnenen Intensitäten.

H. Krüss u. **E. Voit**, *Die Lichtmessungen, Bericht über die Elektricitätsausstellung in München* 1882, 2. *Teil* 76—145.
Friedr. Vogel, *Messungen am elektrischen Lichtbogen bei Gleichstrom, Centralbl. f. Elektrot.* (1887) 189.
Uppenborn, *Ueber die Leuchtkraft einiger Wechselstrom-Kohlenstäbe, Ber. d. elektrot. Versuchsstation zu München* 1889.
H. Krüss, *Ueber Maſs und Verteilung der Beleuchtung, Centralbl. f. Elektrot.* (1885) 670.

28. Die Lampenglocken.

Ihr Einfluß auf die räumliche Lichtverteilung ist ein enormer. Von der gesamten Lichtmenge zerstören die Glocken und Schirme einen beträchtlichen, oft $^1/_2$—$^2/_3$ des gesamten Lichtes betragenden Teil. Dagegen vermögen sie je nach ihrer Konstruktion für einzelne Richtungen eine sehr bedeutende Steigerung der Intensität zu bewirken und zwar auf Kosten anderer entsprechend benachteiligter Richtungen. In der Regel wird man bei künstlicher Beleuchtung auf das von den Lampen nach aufwärts gestrahlte Licht verzichten können und diese Lichtmenge durch passend reflektierende Schirme den Richtungen nach unten zuwenden. Zur richtigen Beurteilung einer Lampe in Bezug auf ihren Beleuchtungs-

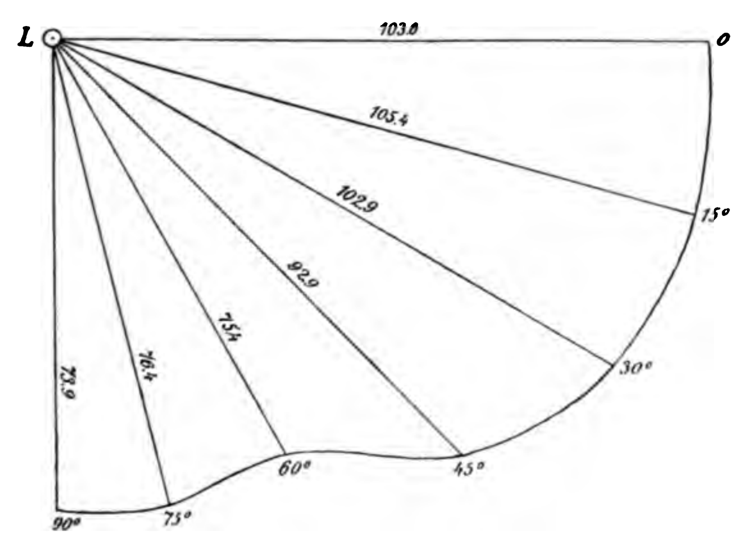


Fig. 17.

wert genügt es daher nicht, ihre Intensität in dem von der Glocke und eventuellen sonstigen Abblendungsgläsern entblößten Zustande zu kennen, sondern es muß die Lampe in ihren definitiven vollständigen Zustand gebracht werden, und es muß nun erst die Intensität für verschiedene Richtungen gemessen werden. Um die so gewonnenen Zahlen übersichtlich zu machen, konstruiert man um den Punkt L der Zeichnung (Fig. 17) eine Kurve, die Emissionskurve, deren nach L hingezogene Radien die nach diesen selben Richtungen vorhandene Intensität darstellen. Die Figur gehört einer Dittmar'schen Petroleumlampe mit Albatrinschirm zu.

Besonders schwierig gestaltet sich die zweckmäßige räumliche Verteilung des Lichtes für Bogenlampen, die in geschlossenen Räumen brennen. Mittels des Reflektors von Hrabowski wird diese Aufgabe vortrefflich gelöst.

Herm. Cohn, *Ueber den Beleuchtungswert der Lampenglocken*, *Wiesbaden* 1885.
Siemens & Halske, *Der Oberlichtreflektor zur Beleuchtung geschlossener Räume mit zerstreutem Licht. System Hrabowski. Berlin* 1892.
Herm. Cohn. *Ueber künstliche Beleuchtung von Hör- und Operationssälen*, *Deutsche Med. Wochenschr.* (1893) *No.* 26.
Pelzer, *Studien über indirekte Beleuchtung*, *Diss. Halle* 1893; *Hyg. Rundschau* (1893) 1056.

29. Die von künstlichen Lichtquellen bewirkte Beleuchtung.

Diese, die indizierte Helligkeit, zu kennen resp. dieselbe möglichst groß zu machen, ist offenbar von größerer Wichtigkeit als die bloße Kenntnis der Intensität.

Falls man die indizierte Helligkeit nicht unmittelbar nach der Methode in 12. (S. 59) mißt, kann man dieselbe aus der Kenntnis der Emissionskurve (Fig. 17, S. 97) und mit Hilfe der Aufgabe 1 in 15. (S. 63) finden.

Beispielsweise sei die durch Fig. 17 gekennzeichnete Lampe 1 m über einer horizontalen Tischfläche angebracht. Man wünscht zu wissen, wie groß die indizierte Helligkeit h auf der Tischfläche 2 m seitlich von der Lampe ist. Die für diese Richtung ($26^1/_2$ Grad Neigung) in Betracht kommende Intensität der Lampe ist, aus der Emissionskurve entnommen, nahezu 103 Kerzen. Mithin hat man nach Aufg. 1 in 15 (S. 63) da das dortige b in unserem Falle $= 1$, $a = 2$ ist,

$$h = \frac{103.1}{(2^2+1^2)\sqrt{2^2+1^2}} = \frac{103}{5\sqrt{5}} = 9{,}21 \text{ Meterkerzen.}$$

Diese etwas unbequeme Rechnung ist mit Hilfe des Diagramms Fig. 18 leichter ausführbar. Dort findet man für die Stelle 2 m seitlich und 1 m unterhalb der links oben angenommenen Lampe die Zahl 9 (Meterkerzen). Diese würde richtig sein für eine Lampe, welche nach der betreffenden Richtung die Intensität 100 besitzt; da in unserem Falle aber die Intensität 103 war, so erhöht sich die Zahl 9 um 3 Proz. auf 9,27, was mit dem obigen Resultat nahe stimmt.

Sind gleichzeitig mehrere Lampen vorhanden, so berechnet man für jede Lampe einzeln die für einen bestimmten Platz indizierte Helligkeit und addiert alle Einzelresultate. Nach Herzberg gelangt man für Glühlichtbeleuchtung bei 16-kerzigen Lampen zu folgender Regel:

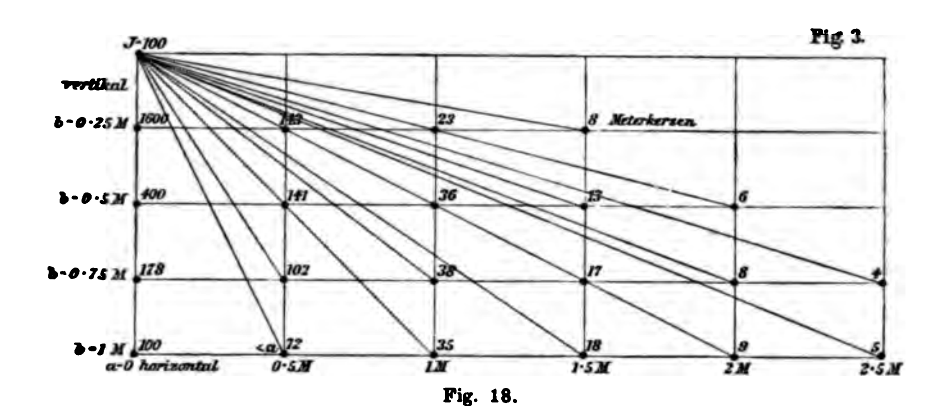


Fig. 18.

Bei 2 m Lampenhöhe ist pro 8 qm, bei 3 m Lampenhöhe pro 6,2 qm je eine Lampe erforderlich.

Herm. Cohn, *Untersuchungen über die Tages- und Gasbeleuchtung in den Auditorien der Breslauer Universität, Berl. klin. Wochenschr.* (1885) *No.* 51; *Beleuchtungswert der Lampenglocken, l. c*
L. Weber, *Kurven zur Berechnung, l. c.*

30. Vergleichung der verschiedenen künstlichen Beleuchtungsarten.

Mit Rücksicht auf die hygienischen Anforderungen a)—i) in 22. (S. 86) ergeben sich folgende Gesichtspunkte:

ad 22a) wird eine hinreichende Lichtmenge von allen unter 23—26 aufgeführten Lichtquellen zu erreichen sein, falls man in der Lage ist, ihre Anzahl zu vervielfältigen, wie z. B. bei der Kerzenbeleuchtung, durch Anwendung von Kron- oder Armleuchtern mit vielen einzelnen Kerzen.

ad b) (Farbe) steht das Bogenlicht voran, nächstdem folgen das Auerlicht, Albokarbongas, Siemensbrenner, Glühlampen, große Petroleumbrenner, Gaslicht, gewöhnliche Petroleum- und zuletzt Oellampen und Kerzen. Der individuelle Geschmack spielt bei dieser Frage eine erhebliche Rolle.

ad c) (Zucken) behaupten Glühlampen, Petroleum- und Oellampen, Auerbrenner und Siemensbrenner den Vorrang. Nächstdem kommen Argandbrenner. Wesentlich ungünstiger verhalten sich alle offenen Gasflammen und Kerzen, und am schlimmsten steht es mit dem Bogenlicht.

ad d) Gar keine Luftverschlechterung geben nur die Glühlampen und die Siemenslampen, welche letztere sogar ventilieren. Sehr gering ist die Luftverunreinigung beim Auerlicht.

ad e) Geringe Wärmestrahlung besitzen Glühlampen, Auerlicht, Bogenlicht.

ad f) Am gefahrlosesten beim Betriebe sind Oellampen, Kerzen und Glühlampen.

ad g) Bei ruhendem Betriebe ist jede Gefahr ausgeschlossen bei Kerzen und Oelbeleuchtung, äußerst gering bei Petroleum- und elektrischer Beleuchtung.

ad h) ist die Instandsetzung der Lichtquellen bei Glühlampenbeleuchtung am wenigsten mühevoll.

ad i) Die Kosten hängen bei den verschiedenen Lichtquellen in mehr oder weniger komplizierter Weise von schwankenden Preisen der Betriebsmaterialien ab, so daß die folgenden Zahlen nur ein annäherndes Bild geben. Pro Kerzenstunde (Hefnerlicht) kostet in Pfennigen: die Wachskerze 3,08; die Stearinkerze 1,66; die Talgkerze 1,60; die Paraffinkerze 1,39; die Rüböl-Studierlampe 0,67 (Rubner). Ferner bei einem (hohen) Gaspreise von 0,20 M. pro 1 cbm die offene Gasflamme 0,60; der Argandbrenner 0,24; der Siemensbrenner 0,088; der Auerbrenner 0,038; bei einem Petroleumpreise von 0,20 M. pro 1 kg eine kleine Petroleumlampe 0,030; eine mittlere 0,056; eine große 0,04. Wird das elektrische Licht je nach dem durch Elektricitätszähler genau kontrollierbaren Verbrauch bezahlt und wird dabei etwa der in Köln im Jahre 1892 vorläufig festgesetzte Preis von 8 Pf. pro 100 Wattstunden (Volt × Ampère) angenommen, so kostet eine 16-kerzige Lampe, welche 55 Watt verbraucht, pro Stunde 4,4 Pf., also pro Kerzenstunde 0,275; eine Bogenlichtlampe von 400 Kerzen, welche 350 Watt verbraucht, pro Stunde 28 Pf., also pro Kerzenstunde 0,07.

Eine unbedingte Empfehlung einer Beleuchtungsart als beste unter allen und für alle Verhältnisse passend ist hiernach nicht möglich. Je nachdem der eine oder andere der Gesichtspunkte a)—i) im einzelnen Falle vorangestellt wird, wird die Wahl verschieden ausfallen. Auer'sches Glühlicht, elektrisches Glühlampenlicht und Petroleumlampe scheinen die meisten Vorteile auf sich zu vereinigen.

H. Cohn, *Das elektrische Licht und das Auge, Klin. Wochenschr.* (1886) *No.* 12.

G. Karsten, *l. c., siehe* S. 93.

Rundschreiben des Ministeriums der geistl. etc. Angel. in Berlin an alle Universitäten — betr. Auerlicht — vom 27. *März* 1893, *Deutsche med. Wochenschr.* (1893) 27. *Apr.*

Weiteres über Beleuchtung, namentlich in Schulzimmern, siehe im Abschnitt über Schulhygiene (Band VII dieses Handbuchs).

Berichtigung.

Auf S. 89 Z. 20 von oben statt Rosenboom lies Rubner.

DIE GASBELEUCHTUNG.

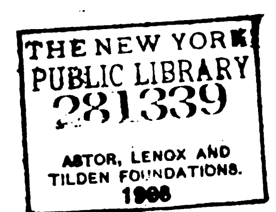
BEARBEITET

VON

E. ROSENBOOM,

INGENIEUR IN KIEL.

MIT 19 ABBILDUNGEN IM TEXT.



Inhaltsübersicht.

1. Allgemeines.

Von den im vorhergehenden Abschnitt (S. 39 ff.) behandelten Mitteln zur künstlichen Beleuchtung ist das Leuchtgas heute und wohl auch noch für die nächste Zukunft eins der wichtigsten. Die Leuchtgasversorgung ist im allgemeinen eine centrale: die Erzeugung des Gases erfolgt für den ganzen Bereich einer Stadt in einem centralen Gaswerke oder in weit ausgedehnten Städten in mehreren Gasanstalten, welche das Gas den Verwendungsstellen durch ein einheitliches Rohrnetz zuführen.

In Deutschland sind die centralen Gasanstalten in überwiegender Anzahl Eigentum der Städte; nur noch verhältnismäßig wenige bedeutendere Gaswerke liegen von früheren Konzessionen her in den Händen von Privatgesellschaften, während dies in England noch allgemein der Fall ist.

Von den verschiedenen Leuchtgasarten nimmt in Deutschland und ganz Europa das Steinkohlengas den ersten Rang ein, während die Erzeugung von Leuchtgas aus Holz oder Torf im allgemeinen ohne Bedeutung und nur in solchen Gegenden wirtschaftlich möglich ist, wo wegen sehr ungünstiger Transportverhältnisse die Steinkohle sehr teuer, Holz und Torf dagegen sehr billig sind.

In neuerer Zeit gewinnt neben dem Steinkohlengas das Wassergas an Bedeutung. Besonders in Nordamerika ist dasselbe zur Städtebeleuchtung mit vielem Erfolg eingeführt worden; dasselbe besteht hauptsächlich aus Wasserstoff und Kohlenoxyd und wird nach verschiedenen Herstellungsarten gewonnen, welchen das Prinzip gemeinsam ist, daß glühende Kohlen Wasserdampf zersetzen, wobei sich freies Wasserstoffgas, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe bilden. Das Wassergas verbrennt an sich mit blauer, nicht leuchtender Flamme; um es zur Beleuchtung zu verwenden, wird entweder durch die Hitze der Flamme ein indifferenter Körper ins Glühen gebracht (Fahnejhelm'sche Magnesiakämme, oder die Auer'schen Glühkörper, vergl. vorigen Abschnitt, S. 89) oder das Wassergas wird karbonisiert, d. h. es werden ihm schwere Kohlenwasserstoffe von hoher Leuchtkraft, wie Petroleum- oder Gasolindämpfe, zugemischt. In Europa ist trotz mancher Vorzüge des Wassergases gegenüber dem Steinkohlengas, zu welchen besonders der erheblich geringere Herstellungspreis zählt, die allgemeinere Einführung desselben nicht zu erwarten, hauptsächlich weil die wichtigsten Rohmaterialien, eine

sehr kohlenstoffreiche Anthracitkohle uud die Karburierungsmittel, Petroleum, Gasolin oder gleichwertige Materialien, nicht in ausreichenden Mengen im Inlande vorhanden sind, bei überseeischem Bezug aber zu teuer werden.

N. H. Schilling, *Statistische Mitteilungen über die Gasanstalten Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, München* 1877.
Blafs, *Ueber Wassergas, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung* (1886).
Hempel. *Studien über Gasbereitung, Journ. f. Gasbel* (1887).
Wyfs, *Ueber die toxische Wirkung des Wassergases und Halbwassergases, Zeitschrift für angew. Chemie* (1888), *H.* 16.
Geitel, *Das Wassergas und seine Verwendung in der Technik, Separatabdruck aus Glasers Annalen* (1890)
Eugen Schilling. *Neuerungen auf dem Gebiete der Erzeugung und Verwendung des Steinkohlenleuchtgases. München* 1892.
H. Dicke, *Ueber Wassergas und dessen Verwendung. Journ. f. Gasbel.* (1893).
Abbott. *The relation of illuminating gas to public health.*
Sedgwick *and* **Nichols**, *A study of the relative poisonous effect of coal and water gas.*
Eugen Schilling, *Die Ziele und Aufgaben der Gasindustrie, Journ. f. Gasbel.* (1893).

2. Fabrikation des Steinkohlengases.

Zur Herstellung des Steinkohlengases werden Kohlen in dichtverschlossenen, langen Retorten aus feuerfester Chamottemasse von ovalem oder ∩-förmigem Querschnitt, deren 6 bis 10 in einem Retortenofen liegen, durch äußere Erhitzung trocken destilliert; nach Austreibung aller flüchtigen Bestandteile bleibt in der Retorte Coke zurück, während das Gas durch ein Steigerohr aus jeder Retorte entweicht und sich in einem gemeinschaftlichen Rohre, der Vorlage, sammelt. Das Rohgas enthält im heißen Zustande noch Verunreinigungen, welche sich bei Abkühlung als flüssige Produkte ausscheiden. Zunächst kondensieren schon in der Vorlage und in der Rohrleitung freiwillig Teer und Wasserdämpfe; durch weitere Abkühlung wird in den Kühlern oder Kondensatoren diese Ausscheidung so weit wie möglich vervollständigt. Hierbei werden gleichzeitig andere Verunreinigungen, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure teilweise ausgeschieden, indem dieselben bei der Abkühlung von dem kondensierenden Wasser absorbiert werden, wodurch sich das Ammoniakwasser bildet. In den Skrubbern oder Waschern und den Teerscheidern wird diese mechanische Ausscheidung auf verschiedene Weise fortgesetzt. Die Abkühlung des Gases zum Zwecke der Kondensation soll so weit gehen, daß später in dem Straßenrohrnetz keine weiteren Ausscheidungen durch tiefere Abkühlung stattfinden. Durch diese mechanische Reinigung läßt sich aber nicht der giftige Schwefelwasserstoff, welcher von dem in fast allen Kohlensorten enthaltenen Schwefel herrührt, ganz beseitigen. Hierzu ist eine chemische Reinigung erforderlich. Diese Reinigung geschieht mittels Eisenoxydhydrat in Form von gepulvertem, natürlichem Raseneisenerz oder von besonders zubereiteten anderen Eisenerzen, welche in eisernen Kästen, den Reinigern, in dünnen Schichten auf Horden ausgebreitet werden und durch welche das Gas hindurchstreichen muß, wobei der Schwefel an das Eisen gebunden und gleichzeitig der noch verbliebene Rest an Teer ausgeschieden wird.

Die früher vielfach gebräuchliche Reinigung oder Nachreinigung mit Kalk ist seit längerer Zeit meist verlassen worden, weil die Eisen-

reinigung bequemer und vorteilhafter ist. Nur wenn ein besonders hoher Gehalt an Kohlensäure durch die mechanische Reinigung nicht genügend zu beseitigen ist, wendet man statt der Eisenreinigung oder auch neben derselben noch die Reinigung mit Kalk an, welch letzterer die Kohlensäure vollständig bindet.

Bei der Gasfabrikation müssen die Retortenöfen ununterbrochen Tag und Nacht in Betrieb sein, weil die Gaserzeugung eine kontinuierliche und gleichmäßige während der 24 Stunden des Tages ist. Da aber der Gasverbrauch dem gegenüber ein sehr schwankender ist und sich hauptsächlich auf wenige Abendstunden konzentriert, so wird zum Ausgleich das produzierte Gas in Gasbehältern (vielfach unrichtig auch Gasometer benannt) gesammelt; aus diesen erfolgt die Versorgung der Stadt.

In die vom Gasbehälter abgehende Hauptleitung wird ein Druckregler eingeschaltet, welcher den Gasdruck der Stadt auf durchschnittlich 25 bis 30 mm Wassersäule regelt. Ein geringerer Druck ist besonders wegen der Gaskraftmaschinen nicht zulässig, während höherer Druck unnötig und wegen größerer Gasverluste nachteilig ist.

Nebenprodukte. Alle Nebenprodukte der Gasfabrikation werden nutzbringend verwertet. Die Coke ist ein wichtiges Heizmaterial, welches wegen seiner rauch- und rußlosen Verbrennung immermehr für Zimmerheizung Anwendung findet. Aus der Verarbeitung des Teers hat sich in den letzten beiden Jahrzehnten eine bedeutende und wichtige Industrie entwickelt, welcher wir die prächtigen Teerfarben sowie eine große Reihe von Medikamenten verdanken; das Ammoniakwasser wird, bei größeren Gasanstalten auf dem Werk selbst, zu schwefelsaurem Ammoniak, einem wertvollen Düngemittel, verarbeitet; aus der ausgenutzten Eisenreinigungsmasse, in welcher sich mit der Zeit bedeutende Mengen Eisencyanverbindungen bilden, wird Berliner Blau gewonnen, und selbst der an den Retortenwänden sich absetzende Graphit wird verwertet, indem daraus Kohlenstifte und Platten für elektrische Beleuchtung und galvanische Elemente hergestellt werden.

Gefahren der Gasfabrikation und Vorbeugung derselben. Das Steinkohlengas besitzt zwei Eigenschaften, welche große Gefahren in sich schließen, es ist in hohem Grade giftig und bei Vermischung mit atmosphärischer Luft stark explosiv (vergl. vorigen Abschnitt, S. 89). Bei der Einrichtung der Gaswerke, der Konstruktion der Oefen und Apparate, sowie im Betrieb müssen daher diese Gefahren mit besonderer Sorgfalt berücksichtigt werden, indem man einerseits jedes Austreten von Gas in die Arbeitsräume zu vermeiden, andererseits die Vermischung des Gases mit Luft in den Rohrleitungen und Apparaten sowie Entzündungen zu verhindern sucht. Das Gas darf auf seinem ganzen Wege von den Retorten ab durch die Rohrleitungen, Apparate, den Gasbehälter bis zum Ausgange zur Stadt nirgends Gelegenheit zum Ausströmen haben. Bei dem geringen Drucke, unter dem das Gas steht, werden vielfach die bequemen und sicheren Wasserverschlüsse angewendet, besonders für die Deckel von Gefäßen und Kästen, welche im Betrieb häufig abgehoben werden müssen. Für den Fall, daß doch einmal durch Nachlässigkeit oder Bruch eines Rohres etc. Gasausströ-

mungen stattfinden sollten, sind alle Betriebsgebäude mit besonders guter Ventilation versehen. So sind auf den Dächern große Ventilationslaternen oder hohe Ventilationsschächte angebracht, welche energisch die Luft aus den Räumen nach oben absaugen, damit stets frische Luft zuströmt. Hierdurch findet selbst bei verhältnismäßig starken Gasausströmungen eine so große Verdünnung des Gases statt, daß das Gemenge nicht mehr explosiv ist und erst bei längerer Einatmung betäubend wirken kann. Besondere Gefahr bieten die unter Terrain liegenden Betriebsräume, die Keller für die Fundamente und Rohrverbindungen der Apparate, da hier eine solche Ventilation nicht gut zu erzielen ist. Diese Keller dürfen deshalb nur mit Vorsicht und besonders niemals mit offener Flamme betreten werden; wenn eine Beleuchtung notwendig und von außen oder durch elektrische Lampen nicht möglich ist, dann dürfen nur Sicherheitslampen verwendet werden.

Es galt bis vor kurzem auch für alle oberirdischen Apparatenräume allgemein die Regel, daß die Beleuchtung nur von außen, also durch außen an den Fenstern angebrachte Laternen erfolgen, in den Betriebsräumen selbst aber keine offenen Flammen brennen dürften, doch wird in letzter Zeit von manchen erfahrenen Fachleuten die Notwendigkeit dieser Vorsichtsmaßregel bestritten.

Beschaffenheit guten Leuchtgases. In größeren Gasanstalten wird das Gas im Werke einer regelmäßigen, täglich ein- oder mehrmaligen Untersuchung auf Leuchtkraft, spezifisches Gewicht und Verunreinigungen unterzogen. Die durch Photometrieren bestimmte Leuchtkraft wird allgemein in Normalkerzen ausgedrückt; bei der photometrischen Messung in der Praxis ist in letzterer Zeit an Stelle der früheren deutschen Paraffinnormalkerze oder der englischen Normalspermacetikerze oder der Carcellampe meist die Hefner-Alteneck'sche Amylacetatlampe (Hefnerlichteinheit) getreten (vergl. S. 46).

Zur Lichtmessung wird meist das Photometer nach Bunsen in der Einrichtung von Elster-Berlin mit beweglichem Lichte verwendet, mit welchem auch nicht besonders geübte Personen schnell mit ausreichender Genauigkeit arbeiten können.

Ein gutes Leuchtgas soll, gemessen im Argandbrenner, bei 150 l Gaskonsum pro Stunde mindestens 16, durchschnittlich 17 Normalkerzen Leuchtkraft besitzen; in Städten, wo die Gasanstalten noch von früher her im Besitz von Privatgesellschaften sind, ist meist eine Leuchtkraft von mindestens 16 Kerzen vorgeschrieben. Die meisten Gaskohlen ergeben aber ein Gas von geringerer Leuchtkraft. Man wendet daher zur Aufbesserung oder Karburierung desselben besondere Zusatzkohlen an, die ein Gas von sehr hoher Leuchtkraft, bis 30 Kerzen, geben, welches mit dem anderen Gase vermischt wird. Es sind dies bitumenreiche Schieferkohlen, die schottischen Cannel- und Boghead-Kohlen, böhmische Plattenkohlen u. s. w., welche nur an wenigen Lagerstellen, in Deutschland fast gar nicht, vorkommen und deshalb teuer sind. In neuerer Zeit sind, besonders in England, mehrere andere Verfahren zur Aufbesserung oder Anreicherung des gewöhnlichen Steinkohlengases eingeführt worden unter Verwendung von verschiedenen Oelen mit hohem Gehalt an besonders leucht-

kräftigen, schweren Kohlenwasserstoffen. Das spezifische Gewicht guten Leuchtgases ist durchschnittlich 0,4 bis 0,43 bezogen auf atmosphärische Luft; im allgemeinen ist schweres Gas leuchtkräftiger als leichtes, da, wie schon erwähnt, hauptsächlich die schweren Kohlenwasserstoffe die Träger der Leuchtkraft sind; doch ist von dem spezifischen Gewichte nicht stets mit Sicherheit auf die Qualität oder Leuchtkraft zu schließen, da ein hoher Gehalt an schwerem Kohlenoxydgas oder Sumpfgas das Leuchtgas zwar spezifisch schwer, aber nicht leuchtkräftig macht. Das Rohgas enthält an Verunreinigungen bis 4 % Kohlensäure, 1,5 % Ammoniak und 2 % Schwefelwasserstoff; außerdem sind noch unbedeutende Mengen anderer flüchtiger Schwefelverbindungen, besonders Schwefelkohlenstoff enthalten; nach der Reinigung soll gutes Leuchtgas nicht mehr als 0,017 g Ammoniak in 100 l Gas enthalten, während Schwefelwasserstoff gar nicht, bezw. in praktisch nicht bemerkbaren Spuren verhanden sein soll. Ebenso wird im allgemeinen der Schwefelkohlenstoff fast vollständig in den Kondensations- und Waschapparaten beseitigt. Kohlensäure ist stets in verschieden großen Mengen vorhanden; sie wirkt schädlich durch starke Beeinträchtigung der Leuchtkraft des Gases.

N. H. Schilling, *Handbuch der Steinkohlengasbeleuchtung* (1879).
Eugen Schilling *l. c.*
Hundert Jahre Arbeit an der Gewinnung von Licht aus Leuchtgas, *Journ. f. Gasbel.* (1892) 621, 640.
Die Beglaubigung der Hefnerlampe, *Mitteilungen aus der Physikalisch-technischen Reichsanstalt*, *Journ. f. Gasbel.* (1893).

3. Die Gasrohrleitungen.

Die Zuführung des Gases von der Erzeugungsstelle, der Gasfabrik, zu der Verwendungsstelle, den Brennern, geschieht durch die Rohrleitungen. Von den Hauptleitungen oder dem Straßenrohrnetz werden die Zweigleitungen oder Zuleitungen für die einzelnen Häuser gespeist, und in letzteren verzweigen sich von der Zuleitung ab die inneren Hausleitungen oder Privatleitungen.

Die Hauptleitungen oder Straßenrohrleitungen bestehen aus gußeisernen Röhren, welche 1—1,20 m tief an einer Seite des Fahrdammes der Straße oder auch unter den beiderseitigen Bürgersteigen oder den Banketts in der Erde verlegt werden.

Die einzelnen Röhren werden mittels Muffen durch eingetriebenen Teerstrick und einen in die Fuge gegossenen und fest verstemmten Bleiring luft- bezw. gasdicht miteinander verbunden; neue Rohrleitungen werden, ehe sie in Benutzung genommen werden, streckenweise durch Luftdruck auf ihre vollkommene Dichtigkeit geprüft.

Gefahren durch undichte Gasleitungen.

Undichte Gasrohrleitungen bergen erhebliche Gefahren für Gesundheit und Leben der Bewohner der benachbarten Häuser. Das aus einer undichten Stelle der Leitung, sei es infolge mangelhafter Verbindung oder eines Rohrbruches ausströmende Gas, welches bei der festen und dichten Oberfläche der gepflasterten oder makadamisierten Straßen

nach oben schwer entweichen kann, verteilt sich im Erdboden und dringt langsam, aber unaufhörlich durch die Fugen des Mauerwerks in die Keller der nächsten Häuser. Wenn in den Mauern sich durchbrochene Stellen befinden, wenn z. B. die Durchführungsstellen von Gas- oder Wasserröhren oder elektrischen Lichtleitungen nicht sorgfältig wieder dicht vermauert worden sind, was häufig unterbleibt, so kann die Gasausströmung in einen Keller von einer in der Nähe befindlichen größeren Undichtigkeit her sehr bedeutend werden. Aus dem Keller dringt das Gas mit Luft vermischt nach oben in die Wohnungen. Namentlich wenn diese geheizt sind, wirken sie direkt ansaugend. Wenn die Gasmengen gering sind, sodaß sie sich nicht durch den Geruch deutlich bemerkbar machen, oder wenn bemerkter Geruch vernachlässigt und der Uebelstand nicht beseitigt wird, dann können durch das längere Zeit andauernde Einatmen der durch das Gas vergifteten Luft recht schwere Krankheiten bei den Hausbewohnern entstehen, besonders wenn das Gas in die Schlafzimmer eindringt. Wenn aber durch einen Rohrbruch plötzlich größere Gasentweichungen in ein Haus stattfinden und nicht rechtzeitig bemerkt werden, dann können in einer Nacht oder in einigen Stunden schlafende Personen der Gasvergiftung zum Opfer fallen. Die Leuchtgasvergiftung ist eine Kohlenoxydvergiftung.

Eine andere Gefahr bei Gasentweichungen aus den Straßenleitungen und Eindringen in Gebäude oder auch Kanäle liegt in der Bildung sehr stark explosiver Gasgemenge (vergl. S. 89); beim Betreten eines mit solchem Gasgemisch erfüllten Raumes mit Licht können verhängnisvolle Explosionen stattfinden.

Schließlich sei noch erwähnt, daß Leuchtgasausströmungen aus den Straßenröhren sehr nachteilig auf das Pflanzenwachstum wirken; Rasen, Sträucher und große Bäume fangen in der Nähe undichter Gasleitungen bald an zu kränkeln und gehen in verhältnismäßig kurzer Zeit zu Grunde. Häufig werden erst durch solche Erscheinungen undichte Rohrstellen entdeckt.

Beim Bemerken von Gasgeruch ist stets unverzüglich der Gasanstalt Anzeige zu machen; durch Oeffnen der Fenster ist möglichst dem Gas Abzug zu schaffen und frische Luft in die Räume zu bringen.

Ueber Leuchtgas-(Kohlenoxyd-)Vergiftung vergleiche die Lehrbücher der Toxikologie und u. a. folgende Arbeiten

v. Pettenkofer, *Beziehungen der Luft zur Kleidung, Wohnung und Boden*, *Braunschweig* 1887.
v. Fodor, *Deutsche Viertelj. f. öffentl. Gesdpfl.* (1880) 12. *Bd.* 377.
Biefel-Poleck, *Z. f. Biolog.* (1880) 16. *Bd.* 279.
Welitschkowsky, *Arch. f. Hyg.* (1883) 1. *Bd.* 210.
Gruber, *Arch. f. Hyg.* (1883) 1. *Bd.* 145.
Sudakoff, *Arch. f. Hyg.* (1886) 5. *Bd.* 166.

Rohrlegungsarbeiten.

Wenn bei der Herstellung von Straßenrohrleitungen eine neue Strecke im Anschluß an eine vorhandene ausgeführt werden soll, welche in Betrieb, also mit Gas gefüllt ist, so wird, wenn möglich, diese letztere während der Legung der neuen Leitung von dieser abgeschlossen, sodaß die Arbeiten ohne Belästigung von Gasausströmungen ausgeführt werden können. Häufig werden aber auch Gas-

leitungen kleineren Durchmessers „unter Druck“ verlegt. Dann ist die letzte Endmuffe der mit Gas gefüllten fertigen Leitung nur provisorisch mit einem Holzstopfen oder auch einem zusammengebundenen Sack oder dergl. verschlossen; beim Verlängern der Leitung wird dieser provisorische Verschluß herausgezogen und schnell das nächste Rohr hereingeschoben, welches ebenfalls am anderen Ende wieder provisorisch geschlossen ist. Bei dieser Art der Rohrlegung, sowie besonders auch bei Einsetzen von Abgangsstücken in größere Leitungen sind Gasentweichungen nicht zu vermeiden und die Arbeiter, welche diese Arbeiten ausführen, müssen sich deshalb hüten, daß sie nicht zu viel Gas einatmen. Die Gefahr liegt darin, daß sie von der Wirkung dieser Einatmung kaum etwas empfinden, wenn sie sich nicht selbst sorgfältig beobachten; häufig wird die Gefahr erst bemerkt, wenn ein Arbeiter im Rohrgraben bewußtlos zusammensinkt. Sehr verschieden ist zwar die persönliche Widerstandskraft gegen Leuchtgasvergiftung, doch lehrt die Erfahrung, daß ein Verstärken derselben durch „Gewöhnung“ nicht möglich ist.

Aufsuchen von Undichtigkeiten.

Seit einigen Jahren ist ein Mittel zur Untersuchung von Gasrohrleitungen und Auffindung von Undichtigkeiten eingeführt worden, welches sich wegen seiner Einfachheit und sichern Wirksamkeit recht gut bewährt hat. Genau über der Rohrleitung, welche auf Dichtigkeit geprüft werden soll, werden in einer Linie in Abständen von 10—20 m mit einem Hand-Erdbohrer Löcher von der Straßenoberfläche bis auf das Rohr gebohrt; in diese Löcher werden passend enge, an beiden Seiten offene Röhren gesteckt, welche mit ihrem unteren Ende nahe über dem Gashauptrohr stehen und oben über die Straße hervorragen. In das obere Ende des Rohrs wird nun mittels eines durchbohrten Korken ein enges Glasröhrchen gesteckt, welches ein frisch mit Palladiumchlorürlösung getränktes Stück Fließpapier enthält. Wenn die Gasleitung in der Nähe undichte Stellen hat, so strömt das entweichende Gas durch das in die Erde gesteckte Rohr nach oben durch das Glasröhrchen aus, wobei das Palladiumchlorür reduziert wird. Hierbei wird das weiße Fließpapier gebräunt oder geschwärzt. Diese Probe ist sehr scharf; sie weist Gasentweichungen noch sicher nach, wo der Geruch versagt.

Gasverluste in Straßenleitungen und Hausleitungen.

Geringe Gasverluste finden bei jedem Straßenrohrnetz statt, doch können dieselben durch sorgfältige Herstellung und ständige Kontrolle der Leitungen auf ein sehr geringes Maß beschränkt werden. Weil bei allen Gasanstalten ein gewisser Prozentsatz der Gesamtgasproduktion als Verlust gerechnet wird, ist vielfach die Meinung entstanden, daß es nicht möglich sei, Straßenleitungen überall dicht herzustellen, indem das Gas durch das Gußeisen der Röhren hindurchdiffundiere. Dies ist ein Irrtum. Ein Teil des Verlustes beruht vielmehr auf dem Umstande, daß das Gas sich in den Röhren, besonders bei ungenügender Kondensation im Gaswerk, teilweise zu flüssigen Produkten (Teer) kondensiert (vergl. S. 106). Beträchtlich können die Gasverluste durch Ausströmung werden, wenn in einer Stadt in

größerem Umfange andere Leitungen tiefer als die Gasleitungen in die Erde gelegt werden, also bei Anlage von Wasserleitung und besonders von Kanalisation. Da in den seltensten Fällen die Erde wieder eben so fest in die Gräben verfüllt werden kann, wie sie vorher war, so finden später, selbst jahrelang, Senkungen statt, welche Ursache zum Bruch von Gasleitungen geben, besonders von Hauszuleitungen, welche zwischen dem Hauptrohr und der Hausfront die frisch eingefüllten Gräben kreuzen. Unter solchen Bedingungen können die Gasverluste in den Leitungen bis 15 Proz. und mehr der Gesamtproduktion betragen. Im allgemeiuen beträgt aber dieser Verlust nach den Statistiken des deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern nur 5—8 Proz.

In noch höherem Maße als bei den Straßenleitungen ist es naturgemäß bei den inneren Hauleitungen wichtig, daß dieselben vollkommen dicht hergestellt werden, da hier das entweichende giftige Gas direkt in die Wohnräume tritt. Die Hausleitungen oder Privatleitungen werden allgemein aus schmiedeeisernen, gezogenen Röhren, sog. Gasröhren hergestellt, welche durch Gewindeenden und Gewindemuffen und die verschiedensten Einzelstücke, sog. Fittings, miteinander verbunden werden. Auch diese Leitungen können, praktisch genommen, vollkommen dicht ausgeführt werden. In den meisten deutschen Städten werden dieselben von Privatinstallateuren oder Fittern ausgeführt, doch von der Gasanstalt geprüft. Bei fertigen Leitungen, welche mit der Hauptleitung verbunden sind, ist die Prüfung auf Dichtigkeit leicht auszuführen, indem man bei geöffnetem Haupthahn, nach Schließung sämtlicher Einzelhähne, in einem Zeitraume von einigen Stunden den Stand der Gasuhr beobachtet; wenn der Zeiger derselben vorangeht, findet irgendwo eine Gasausströmung statt.

Weite der Gasleitungen.

Für ein gutes Brennen der Gasflammen ist eine ausreichende Gaszufuhr, also eine genügende Weite der Rohrleitungen erforderlich, sodaß das Gas mit 25—30 mm Wasserdruck aus den Brennern ausströmt. Bezüglich der Hauptleitungen wird seitens der Verwaltung der Gaswerke im eigenen Interesse wie in demjenigen der Konsumenten wohl stets diese Bedingung erfüllt; die Zuleitungen aber und besonders die inneren Hausleitungen sind häufig viel zu eng, um den an sie gestellten Anforderungen genügen zu können. Wenn eine Zuleitung nebst Hausleitung bei der Anlage für eine gewisse Anzahl von Flammen in ausreichender Weite hergestellt worden ist, die Anzahl der Brenner aber später bedeutend erhöht wird, dann läßt die Leitung nicht mehr die genügende Gasmenge durch, um alle Flammen ausreichend speisen zu können. Die Folgen des schlechten Brennens derselben sind dann Klagen über zu wenig Gasdruck oder schlechtes Gas, während der Uebelstand durch weitere Rohrleitung sofort gehoben wird.

Bei Gasleitungen ist es nicht, wie bei Wasserleitungen, durchaus notwendig, daß sie frostfrei liegen; es ist jedoch aus dem Grunde vorteilhaft, daß sie möglichst vor großer Abkühlung bewahrt bleiben, damit nicht zu weit gehende, verlustbringende Kondensation des Gases stattfindet. Vollständig frostfrei muß der Gasmesser stehen, wenn er mit Wasserfüllung arbeitet, da beim Einfrieren der letzteren nicht

nur die Gaszufuhr abgeschnitten, sondern der Messer selbst leicht zerstört wird.

Cogliviena, *Theoretisch-praktisches Handbuch der Gasinstallation, Wien* (1889).
Die Unterbringung der Versorgungsnetze in Großstädten, Journ. f. Gasbel. (1893).
Kunath, *Untersuchungen mit Palladium-Chlorür auf Gasausströmungen*, *Journ. f. Gasbel.* (1892).

4. Die Gaslampen.

Schon im vorigen Abschnitt sind (S. 90 ff.) die wichtigeren Gasbrennerarten kurz besprochen.

Der älteste und einfachste, noch sehr viel angewendete, aber bezüglich Gasverbrauch im Verhältnis zur Lichtstärke unvorteilhafteste Brenner ist der bekannte Schnittbrenner, welcher mit offener Flamme brennt. Besser als dieser ist der Argandbrenner, welcher eine cylindrische Flamme giebt; derselbe ist empfindlich gegen Zug, muß deshalb durch einen Glascylinder geschützt werden.

In neuerer Zeit hat das allgemeine größere Bedürfnis nach Licht das Bestreben geweckt, mit dem Leuchtgas höhere Lichtwirkungen zu erzielen; dies ist möglich einmal durch Erzeugung von Gas von höherer Leuchtkraft, durch die Anreicherung oder Carburierung des gewöhnlichen Steinkohlengases (vergl. S. 108 unten), welche teuer ist, andererseits durch Verwendung von Brennern, welche die Leuchtkraft des Gases besser ausnutzen. In letzterer Beziehung sind in dem letzten Jahrzehnt ganz bedeutende Verbesserungen erfunden und eingeführt worden. Das einfachste Mittel zur Erzielung höherer Lichtwirkung ist die Verwendung von Brennern oder Brennergruppen mit größerem Gasverbrauch; hierauf beruhen die gewöhnlichen Intensivlampen; eine eigentliche bessere Ausnützung des Gases findet bei diesen nicht statt, indem die größere Leuchtkraft ungefähr im Verhältnis zum Gasverbrauch steht.

Regenerativlampen. Bei diesen wird eine höhere Temperatur der Gasflamme und damit ein lebhafteres Glühen der ausgeschiedenen Kohleteilchen durch Zuführung von erhitzter Verbrennungsluft erzeugt. Die Erwärmung der letzteren geschieht durch die Hitze der abziehenden Verbrennungsgase. Die Regeneration ist also kostenlos.

Die ersten Versuche, welche jedoch ohne praktische Erfolge blieben, den Leuchtflammen vorerwärmte Luft zuzuführen, rühren schon aus dem Jahre 1819 her. Dann konstruierte Friedrich Siemens in Dresden 1879 die ersten wirklich brauchbaren Regenerativlampen, welche er bald so vervollkommnete, daß sie bereits 2 Jahre später eine weite Verbreitung fanden und noch jetzt vielfach angewendet werden. Die frühere verbesserte Konstruktion ist bereits im vorigen Abschnitt (Seite 90) besprochen. Außer der sehr günstigen Ausnützung des Gases durch die Regeneration haben diese Lampen den Vorteil, daß sie auch für großen Gasverbrauch konstruiert werden können und so Lichtquellen bis 700 Kerzen mit einem einzigen Brenner ermöglichen. Hauptsächlich für Beleuchtung größerer Plätze waren und sind bis heute noch diese alten Siemens-Lampen sehr geeignet; für Zimmerbeleuchtung eignen sie sich dagegen wegen ihrer Schwerfälligkeit und ihres unschönen Aussehens weniger. Für diesen Zweck sind später andere Konstruktionen mit Erfolg eingeführt worden.

Bei der Wenhamlampe tritt das Gas durch einen ringförmigen Specksteinbrenner aus einer Anzahl Löcher, ähnlich wie beim Argandbrenner, von oben nach unten, oder aus einem kugelförmigen Brenner mit seitlich kreisförmig angebrachten Brenneröffnungen, dem sog. Sternbrenner, aus und brennt in einem Flammenkranz von innen nach außen; durch die nach oben abziehenden Verbrennungsgase wird die durch seitliche Kanäle von oben nach unten zugeführte Verbrennungsluft vorgewärmt. Unter der Flamme befinden sich keine Konstruktionsteile, der Raum unter dem Brenner wird durch eine halbkugelförmige Glaskugel abgeschlossen, sodaß die Lampe schattenlos und die Lichtstrahlung nach allen Seiten gleichmäßig ist.



Fig. 1. Invertierte Regenerativlampe.

Bei der sog. invertierten Regenerativlampe (vergl. Abbildung Fig. 26 im vorigen Abschnitt S. 91) von Friedrich Siemens, Berlin, strömt das Gas von oben nach unten durch eine Anzahl kreisförmig angeordneter Brennerröhrchen aus und brennt von außen nach innen um die Kante eines Porzellankörpers herum, worauf die Verbrennungsgase durch einen central über dem Brenner befindlichen Abzug entweichen. Die Verbrennungsluft wird von letzteren Gasen in dem über der Lampe angeordneten Regenerator vorgewärmt.

Die Lampe wird in 4 Größen für einen stündlichen Gasverbrauch von 320—1245 l ausgeführt und erzeugt Lichtstärken unter 45 ° nach unten gemessen, von 70—360 Normalkerzen. Fig. 1 zeigt die im vorigen Abschnitt im Schnitt gezeichnete Lampe in der Ansicht.

Vielfach in Anwendung ist die Westphal-Lampe oder neuerdings Meteorlampe genannt, von W. Breymann, Berlin, welche sich besonders für große Lichtmengen, also zur Beleuchtung von Markthallen, Eisenbahnperrons, Gartenlokalen, sowie größerer Zimmer und Säle eignet; sie ist schattenlos und giebt ein schönes weißes, ruhiges Licht.

Die Westphal- oder Meteorlampe wird in 6 Größen ausgeführt mit einem stündlichen Gaskonsum von 230—1050 l, wobei eine Helligkeit von ca. 60 bis 335 Normalkerzen erzeugt wird.

Für kleinere, besonders niedrige Räume, für Wohnzimmer und Arbeitstische werden besondere Meteorlampen für Kleinkonsum in 2 Größen mit 150 und 250 l Gaskonsum und 51 bezw. 84 Kerzen Intensität her-

gestellt. Fig. 2 zeigt eine größere Meteor-Deckenlampe mit Reflektor in einfachster Ausstattung.

Die Gasbogenlicht-Lampe von Butzke & Co, Berlin,

wird für sehr verschieden hohen Gasverbrauch, also sowohl für geringeren Lichtbedarf, zum Gebrauch in Wohnräumen, Büreaus u. s. w. als für die höchsten Lichtstärken ausgeführt; als sog. Kleinformatlampe in 3 Größen mit 225—325 l Gaskonsum und 58—95 Kerzen Leuchtkraft. Fig 3 zeigt eine Butzke'sche Gasbogenlicht-Kleinformat-Lampe als Armlampe für einen Arbeitstisch; ähnlich werden dieselben als Stehlampen und Hängelampen ausgeführt, während die größeren Modelle mit 455 bis 1210 l Gaskonsum und ungefähr 160 bis 452 Kerzen Leuchtkraft vorzugsweise als Deckenlampen für Beleuchtung größerer Geschäftsräume oder Säle verwendet werden.

Eine andere, seit 2 Jahren mit viel Erfolg eingeführte und beliebt gewordene Regenerativlampe ist noch die Regina-Lampe von Schülke, Brandholt & Co., Berlin, deren Konstruktion Fig. 4 zeigt.



Fig. 2. Meteor-Deckenlampe.

An Stelle des geschlossenen schlitzförmigen Brenners sind eine Anzahl einzelner Speckstein-Schnittbrenner, je nach der beabsichtigten Leistung 2—11, angeordnet, welche von der Glasglocke *g* nach unten umschlossen sind; *a* ist der sehr wirksame Regenerator; derselbe besteht aus einem vielfach gefalteten konischen Rohre aus dünnem Nickelblech; die Falten bilden äußere, unten offene, und innere, oben offene Kanäle, erstere für die Zufuhr der zu erhitzenden äußeren atmosphärischen Luft, diese für den Austritt der

heißen Verbrennungsgase. Letztere werden über dem Porzellanreflektor *c* durch den Verteiler *d* in die inneren Falten des Regenerators geführt, und steigen durch den Schornstein *e* ins Freie; die durch Löcher des äußeren Mantels *f* eintretende Luft wird beim Hindurchstreichen durch die engen Falten des hochgradig (1000—1150 ° C) erhitzten Regenerators auf annähernd dieselbe Temperatur vorgewärmt, ehe sie zu den Brennern gelangt; *h* ist der Anschluß an die Gaszuleitung, *i* eine Regulierschraube zur Einstellung der Gasmenge. Die ReginaLampe wird in 8 verschiedenen Größen von 120 l stündlichem Gasverbrauch mit etwa 30 Kerzen Leuchtkraft für Zimmerbeleuchtung bis zu 1100 l Gaskonsum mit 350 Normalkerzen Lichteffekt ausge-



Fig. 3. Verzierter Wandarm in Messing nach Butzke.

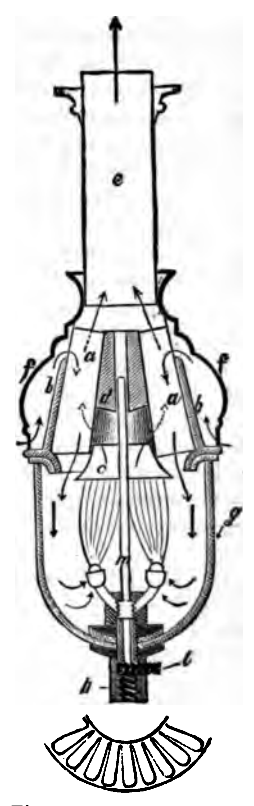


Fig. 4. Regina-Lampe.

führt. Fig. 5 zeigt eine einfache Hängelampe mittlerer Größe für größere Zimmer oder Geschäftsräume (Gaskonsum 300 l, 85 Kerzen Lichtstärke).

Bei den Angaben über Leuchtkraft hat man wohl zwischen der größten Lichtstärke in bestimmter Richtung und der mittleren räumlichen Intensität (vergl. vorigen Abschnitt, 27, S. 96) zu unterscheiden; erstere liegt bei den meisten Regenerativlampen nahezu senkrecht unter denselben und ist erheblich größer als die mittlere Lichtstärke unter 40 bis 50° gegen die Horizontale. Nachstehende Tabelle giebt eine Zusammenstellung der Leuchtkraft einiger Regenerativlampen mit annähernd 300 l Gaskonsum auf 100 l stündlichen Konsum umgerechnet, nach Versuchen von Eugen Schilling*) mit einem Leuchtgase von 10 Hefnerlichten Leuchtkraft pro 100 l Konsum in einem Schnittbrenner horizontal gemessen.

*) Dr. Eugen Schilling, Neuerungen auf dem Gebiete der Erzeugung und Verwendung von Steinkohlengas. München 1892.

Bezeichnung der Lampe	Leuchtkraft (Hefnerlicht) unter einem Winkel von							
	30°	35°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Schnittbrenner	10							
Siemens' invertierte Lampe	15,9	17.4	18,1	19.5	19.8	20,3	19,7	19,6
Wenhamlampe	14,0	19.3	19,3	20,9	21,4	22,4	22,5	22,8
Westphallampe oder Meteorlampe	14.4	17.2	18.5	19,2	19.8	20,2	20,0	19,7
Sternlampe	15,8	18,9	18,7	18,2	18,6	18.4	17,4	18,4

Hiernach läßt sich der wirkliche Lichteffekt einer Lampe nach dem wirklichen Gasverbrauch annähernd berechnen, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß der Nutzeffekt meist mit höherem Gaskonsum als 300 l, also bei den größeren Konstruktionen steigt. Aus obigen Zahlen lassen sich nachfolgende direkt vergleichbare Verhältniszahlen ableiten, wenn man den Nutzeffekt des Schnittbrenners = 1 setzt.

Schnittbrenner horizontal	= 1
Siemens' invertierte Lampe unter 50°	= 1,95
Wenhamlampe unter 50°	= 2,09
Westphallampe oder Meteorlampe unter 50°	= 1,92
Sternlampe unter 50°	= 1,82

Mit der besseren Ausnutzung des Gases durch die Regenerativlampen gegenüber gewöhnlichen Gasflammen ist für Innenbeleuchtung noch der Vorteil der geringeren Erwärmung und Verschlechterung der Zimmerluft verbunden, indem für einen bestimmten Lichteffekt erheblich weniger Gas verbrannt, also weniger Hitze entwickelt wird und weniger Verbrennungsprodukte erzeugt werden.

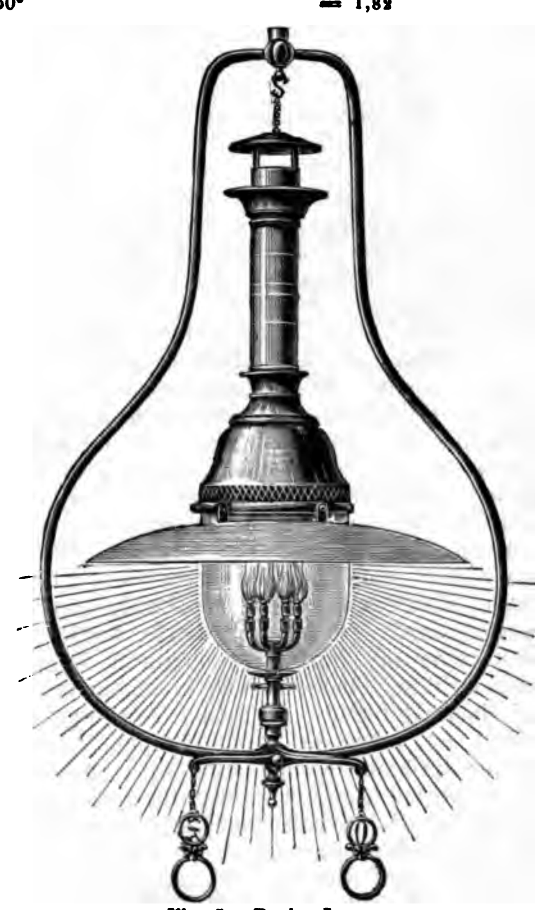


Fig. 5. Regina-Lampe.

Bei allen Gasbrennern ist es für ein gutes und besonders in Bezug auf Gasverbrauch günstiges Funktionieren durchaus notwendig, daß das Gas mit einem bestimmten gleichmäßigen Druck ausströmt; bei zu geringem Druck flakkern die Flammen, bei zu hohem „sausen“ sie. Besonders in letzterem Falle findet Gasvergeu-

dung statt. Im allgemeinen soll schon von der Gasanstalt aus durch richtige Druckgebung mit dem Druckregler sowie richtige Dimensionierung der Straßenleitungen und Hauszuführungen für den passenden Druck von 25 bis 30 mm Wassersäule gesorgt werden; bei den wechselnden Konsumverhältnissen und besonders bei Versorgungsrevieren mit großen Höhenunterschieden ist das aber nicht immer möglich. (An hochgelegenen Orten, z. B. schon in hohen Etagen, hat das Gas, da es erheblich spezifisch leichter ist als Luft, einen höheren Druck). Es empfiehlt sich deshalb, bei den einzelnen Konsumstellen Druckregler zu verwenden, welche zu hohen Gasdruck auf die passende günstigste Höhe reduzieren. Solche können entweder für ein ganzes Haus gleich beim Gasmesser angebracht werden, oder man kann auch jeden einzelnen Brenner mit einem Druckregler versehen. Besonders bei den größeren Intensiv- und Regenerativlampen empfiehlt sich letzteres und sind vielfach an den Lampen gleich solche angebracht.

Man kennt nasse und trockene Regler. Wegen der einfachen Konstruktion und sicheren Wirkung werden meist letztere bevorzugt, welche keiner Wartung bedürfen. Die Siemens'sche invertierte Regenerativlampe, die Westphal- oder Meteorlampe, die Butzkelampen, sowie die Reginalampen sind alle mit Gaszuflußregulatoren versehen, welche, einmal eingestellt, selbstthätig den Druck und damit die ausströmende Gasmenge auf einer bestimmten Höhe konstant halten.

Gasglühlicht. Neben den Bestrebungen, durch die Ausnutzung der Wärme der Verbrennungsgase, die Regeneration, höhere Lichtwirkungen zu erzielen, hat man seit längerer Zeit versucht, die Leuchtkraft des Gases dadurch zu erhöhen, daß man feste Körper durch die Hitze der Gasflamme ins Glühen brachte. Da hierbei auf die Lichtwirkung der Flamme selbst verzichtet wird, wendet man zur Erzielung größerer Hitze Bunsen'sche Brenner an. Frühere Versuche, für den Glühkörper Platingewebe zu verwenden, hatten nicht den gewünschten Erfolg; dagegen gelang es Auer von Welsbach in Wien, unter Verwendung der Oxyde verschiedener Erdmetalle einen Glühkörper herzustellen, welcher ein außerordentlich hohes Lichtstrahlungsvermögen besitzt. Die ersten gegen Mitte der achtziger Jahre eingeführten Glühlampen hatten noch manche Unvollkommenheiten; seit 1892 hat aber der Erfinder seine Glühkörper derart verbessert, daß sie sich mit ganz außerordentlichem Erfolge allgemein eingeführt haben. Der Brenner besitzt bei verhältnismäßig geringem Gasverbrauch eine sehr hohe Leuchtkraft, bei 100 l durchschnittlich 50 Kerzen; bei neuen Brennern ist die Lichtstärke noch erheblich größer, sie nimmt aber nach längerem Gebrauch ab, so daß der Glühkörper nach einer gewissen Brennstundenzahl durch einen neuen ersetzt werden muß. Die etwas scharfe, weiße, dem elektrischen Bogenlichte sich nähernde Farbe kann durch Verwendung von blaßrosa- oder lachsfarbigen Glascylindern in einen angenehmen, warmen, dem elektrischen Glühlichte ähnlichen Ton umgewandelt werden. Ein Uebelstand ist noch die große Empfindlichkeit des Glühkörpers; wegen seiner spröden Beschaffenheit wird er durch Stöße und Erschütterungen leicht verletzt, wobei häufig der Glascylinder mit zerstört wird. Dagegen ist die verhältnismäßig geringe Wärmeentwickelung von hohem Werte, welche nur etwa das Dreifache gegenüber dem elektrischen Glühlicht, auf dieselbe Lichtmenge berechnet, beträgt. Bei $^1/_2$ m Entfernung bewirkt ein Gasglühlicht eine Temperaturerhöhung von 1° C.

Cohn, *Ueber den Beleuchtungswert der Lampenglocken, Wiesbaden* 1885.
Bessin, *Beleuchtung mit Lamellenreflektoren, Journ. f. Gasbel.* (1892).
G. Fähndrich, *Ueber das Gasglühlicht, Journ. f. Gasbel.* (1892) 527.
Das Gasglühlicht, Zeitschr. des Vereins dtsch. Ingenieure (1893) 107. 310.
Ueber Gasglühlicht, Elektrot. Zeitschr (1893) *No.* 14. 16.
W. von Oechelhäuser, *Die Steinkohlengasanstalten als Licht-, Wärme- und Kraft-Centralen, Vortrag in der Sitzung des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses zu Berlin am* 7. *Novbr.* 1892, *Dessau* 1893; *Diskussion zu vorigem Vortrage, Journ. f. Gasbel.* (1893) 89. 108 *u. Elektrot. Zeitschr.* (1893) 93.
Krüger, *Mitteilungen über Gasglühlicht, Journ. f. Gasbel.* (1893).
Renk, *Das Auer'sche Gasglühlicht, vom hygienischen Standpunkt aus beurteilt, Journ. f. Gasbel.* (1893).
G. Karsten, *Ueber das Auer'sche Gasglühlicht, Schrift. des Naturwiss. Vereins Schleswig-Holsteins* 1893.

5. Ventilation mittels Gasflammen.

In den Intensiv- sowie Regenerativlampen hat man ein sehr einfaches Mittel zur Ventilation geschlossener Räume, indem man nicht nur die Verbrennungsgase der Lampen selbst auf einfache Weise beseitigen, sondern auch eine ausreichende und rationelle Lüftung ohne irgendwelche Kosten bewirken kann. Wenn man über dem Abzug der Verbrennungsgase ein genügend weites Rohr anbringt, welches nach oben ins Freie oder noch besser in einen Kamin mündet, so ziehen durch dieses nicht nur die warmen Verbrennungsprodukte, sondern durch den entstehenden Zug auch beträchtliche Mengen Zimmerluft ab; für eine gute Ventilation ist es hierbei notwendig, den Zutritt der Frischluft nicht durch zufällige Oeffnungen, wie Fenster- und Thürritzen oder die Undichtigkeiten der Mauern erfolgen zu lassen, sondern besondere Oeffnungen und Zuführungskanäle für die frische Luft in der Weise anzubringen, daß reine Außenluft (also nicht aus Nebenräumen oder engen Höfen zwischen hohen Mauern) einströmt, ohne die im Raume befindlichen Personen zu belästigen.

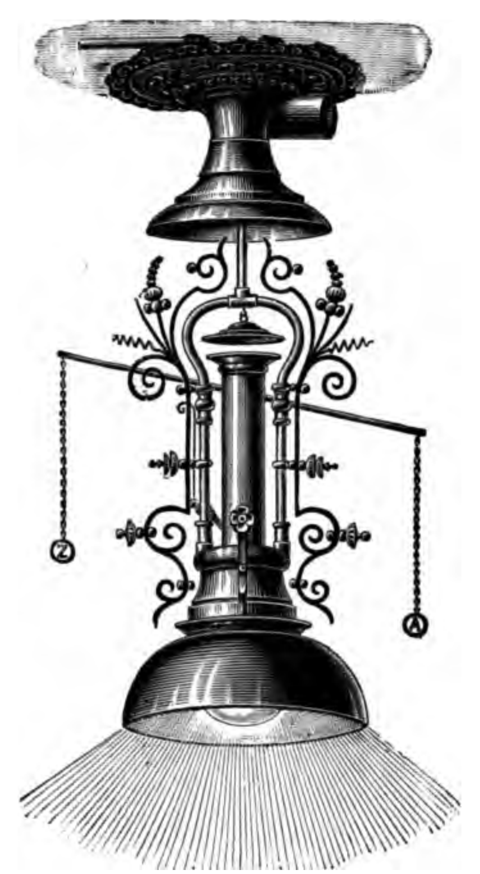


Fig. 6. Butzke-Lampe mit Ventilationsvorrichtung.

F i g. 6 zeigt eine Butzkelampe mit Ventilationsvorrichtung; durch den Auffangtrichter über der Lampe werden die Verbrennungsgase nebst Zimmerluft durch das seitliche Rohr in einen Kamin abgeführt.

Wenn die Einführung in einen Kamin nicht möglich ist, können die Gase direkt über

Dach oder auch in einen unbewohnten Dachraum abgeführt werden; eine derartige Anordnung zeigt Fig. 7 für eine Westphallampe.

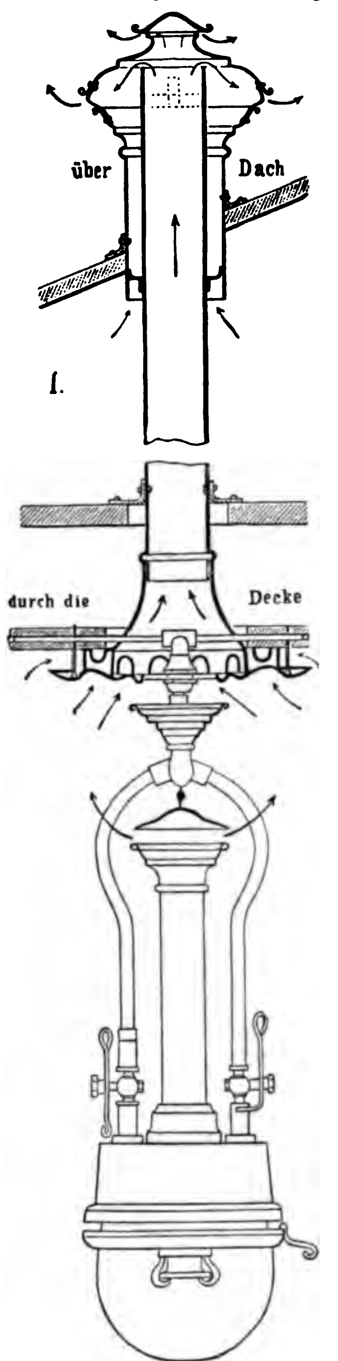


Fig. 7. Westphallampe mit Ventilationsvorrichtung.

Genaueres über Ventilation siehe in dem Abschnitte über Heizung und Ventilation in Bd. IV dieses Handbuchs.

Th. Fletscher, *Verwendung des Gases zu Ventilationszwecken*, *Journ. f. Gasbel.* (1892);
Praktische Winke zur Ventilation von durch Gas beleuchteten Räumen, *ib.* (1893).

6. Vergleich der Lichtstärke, Wärmeabgabe, des optischen Wirkungsgrades und der Kosten verschiedener Beleuchtungsarten.

Nach H. Dicke*) ist das Verhältnis zwischen der Lichtintensität und der Wärmeentwickelung bei Leuchtgas in verschiedenen Brennern, Wassergas und elektrischem Glühlicht folgendes:

1) Leuchtgas von 5300 Kalorien Verbrennungswärme (gutes Steinkohlengas):
   Zweiloch- und Schnittbrenner von 16 Kerzen, Konsum 150 l stündlich = 50 Kal. pro Kerze,
   Argandbrenner von 30 Kerzen, 250 l Konsum = 44 Kal. pro Kerze,
   Siemens'scher Regenerativbrenner mittlerer Größe, 530 Kerzen mit 2300 l Gaskonsum = 23 Kal. pro Kerze.
   Neues Auer'sches Gasglühlicht, 50 Kerzen, 100 l Konsum = 10,6 Kal. pro Kerze.
2) Wassergas von 2620 Kalorien:
   Magnesiakammbeleuchtung, 35 Kerzen, 180 l Konsum = 13,2 Kal. pro Kerze.
   Auerbrenner, 60 Kerzen, 230 l Konsum = 10,5 Kal. pro Kerze, desgl. 140 Kerzen, 360 l Konsum = 6,7 Kal. pro Kerze.
3) Elektrisches Glühlicht. Nach Versuchen von Renk:
   16 Kerzen, 46 Kalorien = rund 3 Kalorien pro Kerze.

*) Vortrag auf der 33. Jahresversammlung des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern zu Dresden 1893.

Bei der elektrischen Beleuchtung wird also, wie bekannt, am wenigsten Wärme entwickelt, d. h. die verbrauchte Energie weitaus am vollkommensten in Licht umgesetzt. Aber auch das neue Auer'sche Gasglühlicht besitzt im Vergleich mit der gewöhnlichen Gasflamme schon einen so bedeutenden Vorzug, die Wärmeentwickelung ist praktisch so gering, daß die frühere große Ueberlegenheit des elektrischen Lichtes über die Gasbeleuchtung in dieser Beziehung gegenüber dem Auerlicht verschwindet.

Der optische Wirkungsgrad verschiedener Lichtquellen ist nach Feldmann*) folgender:

Bei primitiven Oellampen werden von der durch die Verbrennung erzeugten Energie nur 2 p. mille in Lichtstrahlen umgesetzt, während der Rest von 998 p. mille als fühlbare Wärme wirksam wird. Bei Petroleum steigt der optische Wirkungsgrad auf 3—4 p. mille. Elektrische Glühlampen haben einen sehr verschiedenen Wirkungsgrad je nach der Beanspruchung des Kohlenfadens; bei hoher Spannung wird eine hohe Glühtemperatur desselben erzeugt, der Stromverbrauch pro Lichteinheit wird gering, der Kohlenfaden wird aber in kurzer Zeit zerstört, und umgekehrt. Eine Glühlampe mit dem geringen Stromverbrauch von 2,7 Watt pro Normalkerze hat etwa 1 Proz. optischen Wirkungsgrad, eine solche mit 5 Watt pro Kerze dagegen nur 0,5 Proz.

Am höchsten von allen künstlichen Lichtquellen ist die Ausnutzung der aufgewendeten Energie durch die elektrischen Bogenlampen, indem je nach dem verschiedenen Winkel mit der Horizontalen das ausgestrahlte Licht 5—16 Proz. der Energie beträgt. Hiermit ist beinahe der optische Wirkungsgrad der Sonne erreicht, welcher 18 Proz. beträgt; allerdings haben die Sonnenstrahlen noch andere Wirkungen, speziell Erwärmung, zu verrichten, während unsere Lichtquellen nur Licht erzeugen sollen, die für Wärmeentwickelung verwendete Energie aber verloren ist.

Kerzen haben einen Wirkungsgrad von 2—3 p. mille; Gasschnittbrenner 2,7 p. mille; Argandbrenner 3,77 p. mille; Siemens'sche Regenerativlampen 3,3—5,7 p. mille; Auer'sche Leuchtgasbrenner 20—40 p. mille. Alle diese erreichen also bei weitem nicht den Wirkungsgrad des elektrischen Glühlichtes. Bei den Auerbrennern ist das Verhältnis ähnlich wie bei elektrischen Glühlampen; Brenner mit besonders hoher Lichtstärke, also hohem Wirkungsgrad, sind schnell zerstört.

Ganz anders als der optische Wirkungsgrad ist der wirtschaftliche Nutzeffekt der verschiedenen Beleuchtungsarten; letzterer wird zwar durch ersteren beeinflußt, aber in weit höherem Maße von ganz anderen Faktoren, besonders von den Herstellungs- bezw. Lieferungskosten der für die Lichterzeugung aufgewendeten Energie bezw. des Brennmaterials.

Hierdurch ist das Gaslicht trotz der weit geringeren optischen Ausnutzung bedeutend billiger als das elektrische Glühlicht.

Nachfolgend sind die Kosten der verschiedenen heute in Betracht kommenden Beleuchtungsarten annähernd zusammengestellt.

---

*) Vortrag auf der Versammlung der rheinischen Gas-, Elektrizitäts- und Wasserfachmänner zu Köln 1893.

Beleuchtungsart	Verbrauch von Brennstoff bezw. elektrischem Strom pro Stunde: Menge	Kosten	Gesamt-Leuchtkraft Kerzen	Gesamt-Kosten pro Stunde Pfg.	Also kosten 16 Kerzen Leuchtkr. pro Stunde Pfg.
Petroleumbeleuchtung:					
Gröfsere Lampe bester Konstruktion; 35 mm Docht.	118 g Petroleum	25 Pfg. pr. 1 kg	34		1,4
Gasbeleuchtung:					
Schnittbrenner	150 l Gas	durchschn. 16 Pfg. pr. cbm in Deutschld.	16	2,4	2,4
Argandbrenner	170 „ Gas	durchschn. 16 Pfg. pr. cbm in Deutschld.	21	2,72	2,1
Siemens' invertierter Regenerativbrenner	750 „ Gas	durchschn. 16 Pfg. pr. cbm in Deutschld.	230	12	0,84
Auer'sches Glühlicht	100 „ Gas	durchschn. 16 Pfg. pr. cbm in Deutschld.	50	1,6	0,51
Elektrische Beleuchtung:					
Glühlicht	53 Watt	7,8—9 Pfg. pro 100 Watt	16	3,8—4,8	3,8—4,8
Bogenlicht; Bogenlampen von 6 Ampère bei Gleichstrom von 100—110 Volt u. Hintereinanderschaltung zu zweien; Lampen in Milchglasglocken.	6 Ampère für 2 Lampen	7,8—9 Pfg. pro 100 Watt	mittlere räumliche Intensität 500 Kerzen	21,6—27	0,69—0,86

Hierbei sind nur die Kosten des Brennmaterials bezw. Stromverbrauchs berechnet; für die Gesamtkosten kommen hinzu beim Gasglühlicht die Kosten für Unterhaltung der Lampen und Ersatz der Glühkörper; beim elektrischen Glühlicht der Ersatz der Glühlampen; beim elektrischen Bogenlicht die Kosten für Instandhaltung der Bogenlampen und der Kohlenstifte. Diese Kosten lassen sich nicht gut allgemein, sondern nur für jeden einzelnen Fall berechnen. Ferner ist zu bemerken, daß das Auer'sche Glühlicht anfangs bei neuen Glühkörpern erheblich höhere Lichtintensität hat, später aber geringere; die eingesetzte Zahl ist der ungefähre Mittelwert für 400—500 Brennstunden; elektrische Glühlampen nehmen ebenfalls im Gebrauch in ihrer Leuchtkraft ab. Die gewöhnlichen Angaben über die Kerzenstärke von elektrischem Bogenlicht sind viel höher, indem man vielfach den Maximalwert in bestimmtem Winkel gegen die Horizontale gemessen angiebt und zwar bei frei brennenden Lampen, während oben die mittlere räumliche Lichtstärke und der gewöhnliche Fall der Anwendung einer Milchglasglocke angenommen ist.

Es muß ferner berücksichtigt werden, daß sich für Innenbeleuchtung, besonders für mittlere und kleinere Räume, also Privatwohnungen und Geschäftslokale, einzelne Lichtquellen von sehr hoher Intensität weniger eignen als mehrere Brenner von geringerer Lichtstärke Elektrisches Bogenlicht kann nur für große, hohe Räume und hauptsächlich für Außenbeleuchtung in Betracht kommen. Ein Gasglühlicht von 50 Kerzen Lichtstärke kann im allgemeinen nicht 3 gewöhnliche Gasflammen von 16 Kerzen ersetzen, da durch letztere eine vorteilhaftere Verteilung des Lichtes, also bessere Allgemeinbeleuchtung erzielt werden kann. Man erspart also bei Ersatz gewöhnlicher Gasflammen durch Auerlicht nicht etwa im Verhältnis der Mehrleuchtkraft des letzteren an Gaskonsum, sondern erhält beispielsweise mit derselben Lampenzahl bei 1/3 Gasersparnis die dreifache Lichtmenge.

F. Lux, *Gaslicht und elektrisches Licht, eine Parallele, Journ. f. Gasbel.* (1891).
Gaslicht und elektrisches Licht, Elektrot. Zeitschr. (1891) 454.

Cramer, *Die Verbrennungswärme der gebräuchlichsten Beleuchtungsmaterialien und über die Luftverschlechterung durch die Beleuchtung, Journ. f. Gasbel.* (1891).
Gasglühlicht und elektrisches Licht, ib. (1892) 345.
Gasglühlicht und elektrisches Licht, Elektrot. Zeitschr. (1892) 21. *Heft.*
C. **Heim**, *Kleine Bogenlampen und Gasglühlicht, Elektrot. Zeitschr.* (1893) *No.* 14.
Kleine Bogenlampen u. Gasglühlicht, Bemerkungen zu vorigem Artikel, Journ. f. Gasbel. (1893).
C. **Feldmann**, *Ueber künstliche Lichtquellen, Journ. f. Gasbel.* (1893).
W. von Oechelhäuser, *l. c.* (*Siehe oben S.* 119.)

Anhang.

7. Das Steinkohlengas als Heizmaterial.

Die Vorzüge gasförmiger Brennmaterialien gegenüber den festen, die bedeutend höhere Ausnutzung der Verbrennungswärme, leichte Regulierbarkeit und besonders vollkommene rauch- und rußlose Verbrennung sind bekannt. Besonders die letzten Eigenschaften haben in hygienischer Beziehung einen ganz bedeutenden Wert; die Rauch- und Rußplage unserer Großstädte, besonders der Industriestädte, ist seit längerer Zeit ein vielbesprochenes Thema im öffentlichen Leben. Wenn es möglich ist, die Verwendung fester Heizmaterialien, als welche bei uns allein die Steinkohle in Betracht kommt, durch gasförmige ganz oder zum größten Teil zu verdrängen, dann ist diese Plage vollständig beseitigt, da bei rationeller Verbrennung von Heizgasen nur Kohlensäure und Wasserdämpfe erzeugt werden. Nach Werner von Siemens gehört die allgemeine Einführung gasförmiger Brennmaterialien zu den erstrebenswertesten Idealen der Zukunft, deren Erreichung nur eine Frage der Zeit ist. Die Verwendung des Steinkohlengases zum Heizen hat in den letzten zehn Jahren eine außerordentliche Zunahme gefunden durch die neueren Gasheizöfen, welche die Verbrennungswärme des Gases fast vollständig ausnutzen, und besonders durch die Herabsetzung des Gaspreises für Heizwecke bei den meisten deutschen Gasanstalten. Der zu hohe Preis des Steinkohlengases bildete bisher und bildet noch das einzige Hindernis für die allgemeine Verwendung desselben zum Heizen. Nachstehende Tabelle nach Eugen Schilling giebt einen Vergleich über die Heizkraft und die Kosten verschiedener Brennmaterialien.

1 kg gute Steinkohle liefert 7100 Kal. und kostet 2,00—3,20 Pfg.; 1000 Kal. kosten 0,28—0,45 Pfg.

1 kg gewöhnl. Heizkohle liefert 5000 Kal. und kostet 2,00—2,80 Pfg.; 1000 Kal. kosten 0,40—0,55 Pfg.

1 kg Coke liefert 7200 Kal. und kostet 2,00—3,00 Pfg.; 1000 Kal. kosten 0,28—0,42 Pfg.

1 kg Torf liefert 4500 Kal. und kostet 2,30—2,50 Pfg.; 1000 Kal. kosten 0,51—0,56 Pfg.

1 kg Petroleum liefert ca. 11 000 Kal. und kostet 0,25—0,32 M.; 1000 Kal. kosten 2,27—2,91 Pfg.

1 kg Spiritus liefert ca. 7000 Kal. und kostet 0,60—0,80 M.; 1000 Kal. kosten 8,57—11,43 Pfg.

1 cbm Leuchtgas (zum Heizen) liefert 5000 Kal. und kostet 0,12 bis 0,18 M.; 1000 Kal. kosten 2,40—3,60 Pfg.

Hiernach ist der Heizwert des Leuchtgases theoretisch etwa 6mal so teuer als der der gewöhnlichen Kohle. Dieses Verhältnis ändert

sich aber bedeutend zu Gunsten des Gases, wenn man den wirklichen Heizeffekt in der Praxis betrachtet, also berücksichtigt, wieviel von der gesamten Verbrennungswärme wirklich ausgenutzt wird.

Die Ausnutzung der festen Brennmaterialien in unseren Feuerungen ist durchweg eine recht unvollkommene; nach Fischer wird bei den meisten Oefen, namentlich den Kachelöfen, der Brennwert des Heizmaterials nur mit 20—30 Proz., bei Küchenherden sogar nur mit 5—10 Proz. ausgenutzt. Dagegen beträgt die Ausnutzung der Verbrennungswärme des Heizgases in modernen Gasöfen über 80 Proz.; die obigen Vergleichungszahlen ändern sich also beispielsweise für einen Kachelofen und einen guten Gasofen in der Weise, daß 1000 Kalorien nutzbar gemachte Wärme kosten:

$$\text{bei Kohle } 0{,}40\text{—}0{,}55 \times \frac{100}{20} = 2\text{—}2{,}75 \text{ Pfg.}$$

$$\text{„ Gas } 2{,}40\text{—}3{,}60 \times \frac{100}{80} = 3\text{—}4{,}50 \text{ „}$$

Nach praktischen Versuchen von Schilling war das Verhältnis der Kosten von Cokeheizung zur Gasheizung bei 12-stündiger Versuchsdauer 1 : 3,3. Für Dauerheizung ist also Steinkohlengas für gewöhnlich noch zu teuer, doch eignet es sich vorzüglich für vorübergehende oder ergänzende Heizung. Für Zimmer, welche nur vorübergehend geheizt werden, wie Schlafzimmer, Badezimmer, oder zur Ergänzung unzureichender Centralheizeinrichtungen, ferner im Herbst und Frühjahr, wenn eine längere Heizung nicht erforderlich, sondern nur für kurze Zeit eine Anwärmung der Zimmer gewünscht wird, ist die Gasheizung nicht nur sehr angenehm, sondern auch im Preise noch vorteilhafter als die Steinkohlenheizung, indem kein Anwärmen des Ofens erforderlich ist, der Gasofen vielmehr kurz nach Anzündung mit voller Thätigkeit Wärme ausstrahlt.

Gasheizöfen. Alle Gasöfen in bewohnten Räumen sollen Abzüge für die Verbrennungsprodukte haben und so konstruiert sein, daß ein Austreten letzterer gänzlich ausgeschlossen ist. Allerdings geht durch die Ableitung der Verbrennungsgase in den Kamin eine gewisse Wärmemenge verloren, indem diese Gase zur Erzeugung von Zug beim Austreten in den Kamin noch etwa 100° C. warm sind. Dieser Wärmeverlust ist aber verhältnismäßig gering und es ist jedenfalls durchaus unzulässig, die bedeutenden Mengen Kohlensäure aus der Verbrennung des Heizgases in die Zimmerluft entweichen zu lassen. Dies ist allenfalls in Lagerräumen, Weinkellern u. s. w. unbedenklich, weshalb für solche Räume Gasöfen mit offener Flamme ohne Abzug angewendet werden. Es giebt bereits eine große Zahl verschiedener guter Gasofenkonstruktionen, welche sich vielfach nur durch äußere Form und Ausstattung unterscheiden. Ein wichtiger Unterschied der verschiedenen Systeme liegt darin, ob die Oefen nur durch Cirkulation wirken, indem die von den Gasflammen erhitzten Metallflächen die umgebende bez. durchstreichende Zimmerluft erwärmen, welche aufsteigt, so daß immer kühle Luft zuströmt, oder ob auch direkte Wärmestrahlung stattfindet. Bei ersteren werden meist durch Brenner mit Luftzumischung entleuchtete Flammen angewendet; bei Verwendung von Leuchtflammen, welche an und für sich einen ebenso guten Gesamtheizeffekt geben wie entleuchtete Flammen, kann durch blanke, gewellte Reflektoren aus Kupferblech (s. nachstehende Abbildungen) ein Teil der erzeugten Wärme direkt

durch Strahlung ausgenutzt und hierdurch eine bessere Erwärmung des unteren Raumes des Zimmers bewirkt werden. Die Abbildungen 8—10 zeigen einige der verbreitetsten Typen von Gaszimmeröfen. Durch einen Hahn in der Zuleitung kann die zuströmende Gasmenge und damit der Heizeffekt nach Belieben reguliert werden.

Ein sehr einfacher Ofen ist der Patent-Intensivgasofen (Fig. 8) von Zschetzschineck (Firma Kutscher in Leipzig), welcher große Verbreitung gefunden hat.

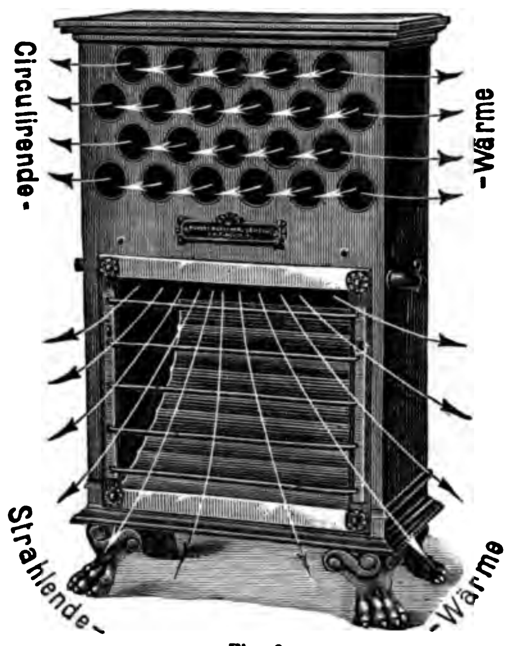


Fig. 8.

Das Gas verbrennt aus einem Brennerrohr am oberen Rande des Reflektors mit leuchtenden Flammen; ein Teil der Verbrennungswärme wird als strahlende Wärme durch den Reflektor in die unteren Teile des Zimmers gesandt; die Verbrennungsgase steigen im Ofen auf und umstreichen eine Anzahl im oberen Teile desselben liegende, schräg von hinten nach vorn aufsteigende Röhren, wobei sie ihre Wärme an die Luft in letzteren abgeben. Die erwärmte Luft strömt vorn aus den Röhren aus und bewirkt so eine kräftige Cirkulation, indem hinten kalte Luft aus dem Zimmer nachströmt. Wegen seiner sehr einfachen, soliden Konstruktion, seines schnellen und guten Heizeffektes und seines billigen Preises eignet sich der Ofen nach obiger Abbildung gut für Bureaus, Werkstätten, Geschäftsräume, dagegen für bessere Wohnräume wegen Mangel an jeder dekorativen Ausbildung weniger. Für diesen Zweck werden besondere Oefen desselben Systems in reicherer Ausstattung in Kaminform hergestellt. Für Fälle, wo auf Wärmestrahlung verzichtet wird, wie in Lagerräumen, Kellern u. s. w., werden auch Oefen ohne Reflektor mit entleuchteten Flammen angewendet.

Die Gasöfen der hervorragenden anderen Firmen haben außer der guten konstruktiven Anordnung meist auch eine geschmackvolle, häufig reiche äußere Ausstattung in den verschiedensten Formen, so daß sie auch guten Wohn- und Gesellschaftsräumen zur Zierde gereichen.

In Fig. 9 ist ein Regenerativ-Gaskaminofen von J. G. Houben Sohn Carl, Aachen, einer der ältesten und renommiertesten Spezialfirmen für Gasöfen, dargestellt. Die Oefen von Houben zeichnen sich durch hohe Ausnutzung des Gases aus, welche 90 Proz. beträgt; der Ofen hat leuchtende Flammen, welche aus einem über dem gewellten Reflektor liegenden horizontalen Rohre brennen.

Einen einfacheren Ofen für mittelgroße Zimmer von Friedr. Siemens, Dresden, zeigt Fig. 10; durch den seitlich sichtbaren Hahn mit Zündvor-

richtung kann der Ofen bequem angezündet, sowie auf die verschiedensten Leistungen durch einen einfachen Handgriff reguliert werden.

Besonders an Stelle von Centralheizungen für größere Gebäude kann die Einzelheizung durch Gasöfen in vielen Fällen mit Vorteil zur Anwendung kommen und ist auch bereits in manchen Fällen für größere öffentliche Gebäude eingeführt worden. Die höheren direkten Betriebskosten werden durch die Ersparung der kostspieligen Centralheizanlage aufgewogen; gegenüber letzteren hat



Fig. 9. Houben's Gasofen. Fig. 10. Siemens' Gasofen.

die Einzelheizung durch Gasöfen den Vorzug, daß sie jederzeit ohne Vorbereitung in Betrieb gesetzt werden kann; gewöhnliche Räume sind innerhalb $^1/_2$ Stunde, große Säle, Kirchen etc. in 2 bis 3 Stunden erwärmt, während Centralheizungen mindestens 12 Stunden, bei großer Kälte selbst 1 bis 1 $^1/_2$ Tag und mehr vor Benutzung der betreffenden Räume in Betrieb gesetzt werden müssen. Die St. Johanniskirche zu Memel mit 10000 cbm Rauminhalt ist beispielsweise durch 10 Houbensche Gasöfen bei einer Außentemperatur von -24^0 C. in 2 $^1/_2$ Stunden auf $+10^0$ C erwärmt worden. Bei Centralheizungen ist ein besonderer Arbeiter nötig, welcher das Feuer bedient und die Heranschaffung der Brennmaterialen besorgt. Ferner wirkt die Heizung nach Abstellung doch nach längerer Zeit noch, wodurch die Räume überhitzt werden können und auch Verschwendung an Brennmaterial bedingt ist. Zur Heizung von wenigen Räumen in größeren Gebäuden mit Centralheizung muß die ganze Anlage in Betrieb gesetzt,

bezw. erhalten bleiben; bei starkem Temperaturwechsel, sei es plötzlich eintretender großer Kälte oder bei Tauwetter, kann eine Centralheizung nicht dem wechselnden Wärmebedürfnis prompt folgen; dies dauert 1 Tag und länger. Demgegenüber bedürfen Gasöfen keiner besonderen Bedienung, jeder einzelne Raum kann in kurzer Zeit angeheizt und die Wärme kann in einfachster Weise jederzeit genau reguliert, bezw. die Wärmeerzeugung sofort unterbrochen werden.

Gasheizung von Schulräumen.

Wegen aller dieser Vorzüge ist die Gasfeuerung u. a. erfolgreich für die Beheizung von Schulräumen in Anwendung gekommen. Die erste in weiteren Kreisen bekannt gewordene größere Einrichtung dieser Art ist in Karlsruhe gemacht worden, und hat recht befriedigende Resultate ergeben. Die unter dem Namen Karlsruher Gasöfen bekannt gewordenen Oefen werden nach den Fig. 11 und 12 (S. 128 und 129) von den Warsteiner Gruben und Hüttenwerken (Warstein i. W.) ausgeführt.

Im Sockel des Ofens liegt ein Ringbrenner mit leuchtenden Flammen, welche von Micascheiben umgeben und so von außen sichtbar sind. Die Zünd- und Reguliervorrichtungen sind so gesichert, daß sie von unbefugten Händen nicht bewegt werden können. Die Verbrennungsgase steigen zwischen zwei eng umeinander liegenden Blechmänteln, wie aus den Pfeilen ersichtlich, nach oben und in den Abzugskamin, hierbei geben die dünnen Blechwände die Wärme sehr vollkommen an die umgebende Luft ab, welche durch den äußeren Mantel und im Innern des Ofens von unten nach oben cirkuliert. Der äußere Mantelraum steht unten mit der Zimmerluft in Verbindung, während dem inneren Hohlcylinder durch einen Kanal von außen frische Luft zugeführt wird, so daß durch den Ofen zugleich eine wirksame Ventilation erzielt wird.

Vergl. auch unter Schulhygiene: Dieses Hdbch. Bd. VII S. 163 und Behnke, Ergänzungsheft 1 zum Hdbch. d. Architektur (1894).

Gasbadeöfen.

Die Gasheizung findet ganz besonders vorteilhafte und praktische Anwendung bei den Badeöfen. Namentlich in den sog. Wasserstromöfen wird eine sehr schnelle Erwärmung des Wassers durch direkte Uebertragung der Verbrennungswärme des Gases erzielt. Das aus der Leitung in den Ofen geführte kalte Wasser fließt sofort zu beliebigem Grade, bis nahe zum Sieden, erhitzt wieder aus. Bei anderen Konstruktionen wird ein bestimmtes Wasserquantum in den Ofen gefüllt und erwärmt, welches durch nachfließendes kaltes Wasser verdrängt wird und ausfließt. Durch die Einführung der Gasbadeöfen an Stelle der lästig zu bedienenden und langsam heizenden Kohlenöfen ist das häufige, regelmäßige Baden im Hause sehr erleichtert worden; diese Apparate haben sich denn auch seit ihrer Erfindung und konstruktiven Vervollkommnung sehr schnell eine große Beliebtheit erworben.

Am meisten und längsten eingeführt ist wohl der Aachener Badeofen (J. G. Houben Sohn Carl, Aachen); derselbe ist in seiner jetzigen Form in der That ein vorzüglicher Apparat zur schnellen und billigen Herrichtung eines warmen Bades.

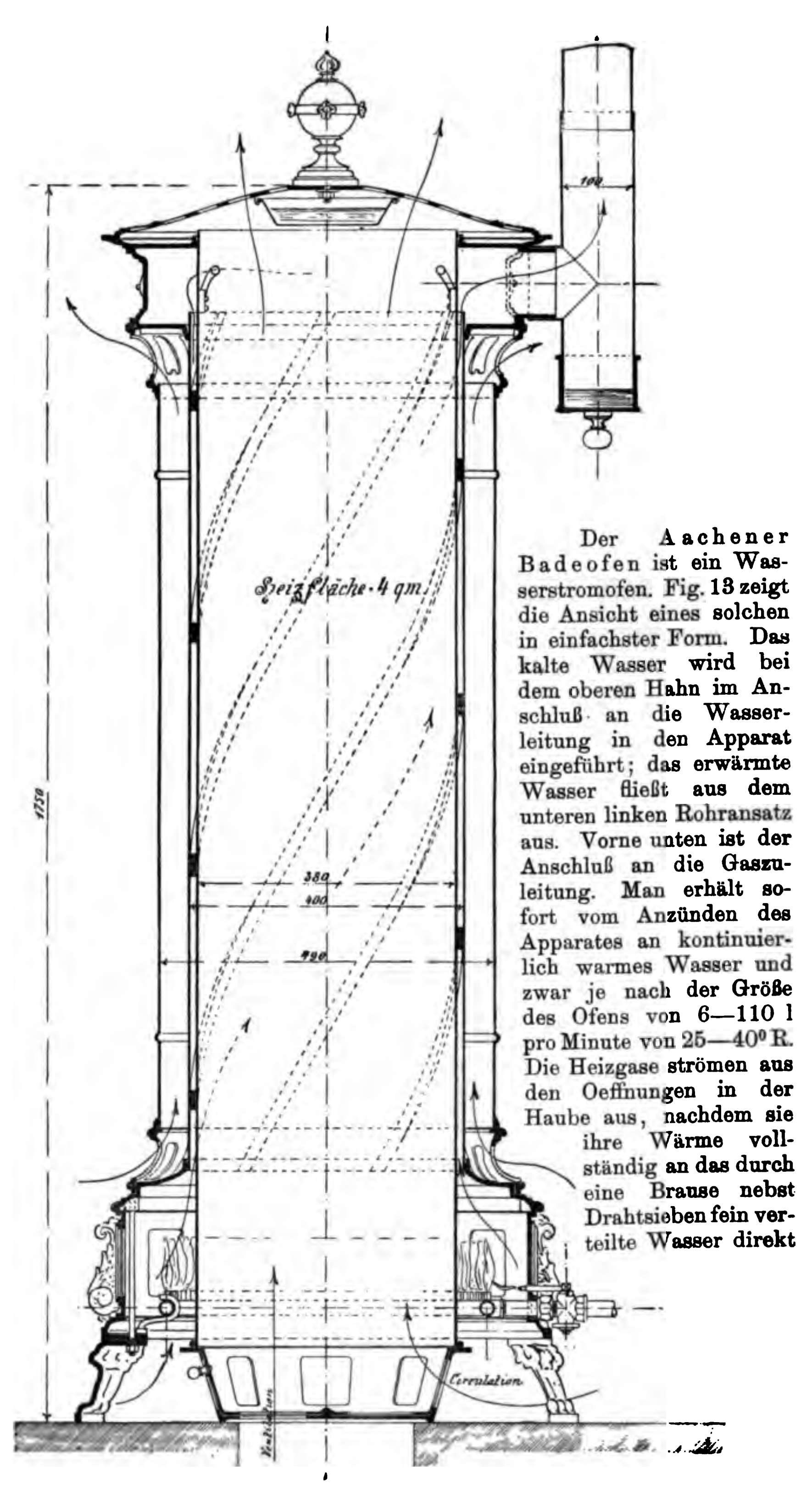


Fig. 11. Karlsruher Gasofen (Längsschnitt).

Der A a c h e n e r B a d e o f e n ist ein Wasserstromofen. Fig. 13 zeigt die Ansicht eines solchen in einfachster Form. Das kalte Wasser wird bei dem oberen Hahn im Anschluß an die Wasserleitung in den Apparat eingeführt; das erwärmte Wasser fließt aus dem unteren linken Rohransatz aus. Vorne unten ist der Anschluß an die Gaszuleitung. Man erhält sofort vom Anzünden des Apparates an kontinuierlich warmes Wasser und zwar je nach der Größe des Ofens von 6—110 l pro Minute von 25—40° R. Die Heizgase strömen aus den Oeffnungen in der Haube aus, nachdem sie ihre Wärme vollständig an das durch eine Brause nebst Drahtsieben fein verteilte Wasser direkt

abgegeben haben; der Wirkungsgrad dieser Oefen ist deshalb ein sehr hoher; die Heizkraft des Gases wird fast mit 100 Proz. ausgenutzt.

Ein mittelgroßer Apparat No. 4 erwärmt Wasser für ein gewöhnliches Bad von 160 l von 10° R. auf 28° R. in 9 Minuten; ein größerer Badeofen (welcher nur für besondere Verhältnisse zu empfehlen ist, da er eine sehr weite Gaszuleitung und eine große Gasuhr verlangt) leistet dasselbe in $1^1/_2$ Minute; der Gasverbrauch beträgt 0,7—0,75 cbm für diese Leistung. Für sehr heißes Wasser dienen Oefen mit größeren Brennern, welche 6—8 l Wasser pro Minute mit einem Gasverbrauch von 80—100 l von 10° auf 65—70° R. erhitzen.

Zur gleichzeitigen Heizung des Baderaumes werden diese Badeöfen auch in Verbindung mit Gasheizöfen hergestellt.

Bei einem neueren Gasbadeofen (Dessauer Gasbadeofen) der Centralwerkstatt der deutschen Kontinental-Gasgesellschaft zu Dessau ist für vollständige Abführung der Verbrennungsgase gesorgt. Dies

Fig. 12. Karlsruher Gasofen.



Fig. 13. Aachener Badeofen.

ist in hygienischer Hinsicht ein Vorteil, wenn auch die Gefahr der Luftverschlechterung durch Kohlensäure nicht überschätzt werden darf, da die Menge der letzteren nicht größer ist, als von 5 gewöhnlichen Gasschnittbrennern in einer Stunde erzeugt wird. Bei einiger

Ventilation ist dies wohl nicht sehr bedenklich. Die Abführung der Heizgase bedingt einen etwas höheren Gasverbrauch; durch die praktische Konstruktion haben diese Oefen aber doch den hohen Nutzeffekt von 90 Proz.

In den Fig. 14 und 15 ist ein Vertikalschnitt und eine Ansicht derselben gegeben. A ist der Brenner, welcher, wie in Fig. 15 ersichtlich, ausziehbar ist;

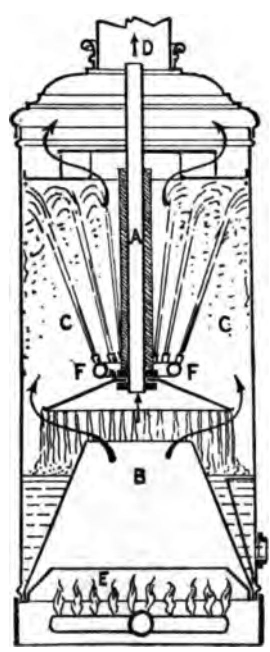


Fig. 14. Dessauer Gas-Badeofen.

über demselben werden die Feuergase geteilt; die Hauptmenge geht um das kegelförmige Blech B herum und strömt durch das in feinem Schleier bezw. Regen aufgelöste Wasser und kommt nach Abgabe seiner Wärme in den oberen Raum C. Ein kleiner Teil der heißen Verbrennungsgase steigt direkt durch das Rohr D, welches durch den isolierenden Mantel E gegen Abkühlung von außen

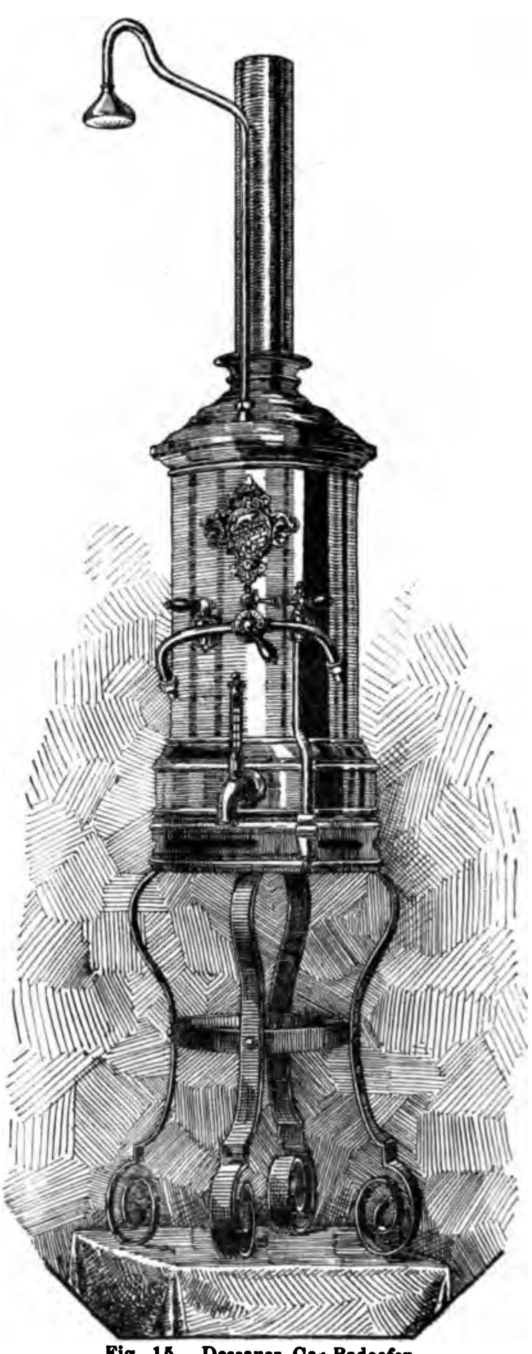


Fig. 15. Dessauer Gas-Badeofen.

geschützt ist, in den Abzug *F* und bewirkt in bekannter Weise durch Erzeugung von künstlichem Zug den Abzug auch der abgekühlten Verbrennungsprodukte.

Der Ofen erwärmt in seiner gewöhnlichen Größe 160 l Wasser von 10° auf 28° R. in 10 Minuten mit 0,75—0,80 cbm Gasverbrauch. Sowohl die Dessauer wie die Aachener Badeöfen werden auch mit Brausevorrichtung hergestellt.

In den Karlsruher Schulen sind Badeeinrichtungen mit Gasheizung in größerem Maßstabe eingeführt und haben sich vorzüglich bewährt, da die Stadt als Besitzerin der Gasanstalt das Gas zu den Selbstkosten berechnet und die sehr einfache Arbeit des Badebetriebes von dem Schuldiener ohne beträchtliche Mehrbelastung mit besorgt werden kann. Umstehender Plan, Fig. 16 (S. 132), zeigt eine solche Einrichtung in einer Karlsruher Volksschule (nach Eug. Schilling, l. c.).

Zur Erwärmung des Wassers dient ein Houben'scher Wasserstrom-Heizapparat No. 6, welcher über einem Reservoir von 0,4 cbm Inhalt in einem höheren Stockwerke aufgestellt ist. Das in dem Apparat zerstäubte und von den Heizgasen direkt erwärmte Wasser sammelt sich in diesem Behälter und fließt von hier den Brausen zu. Es sind 10 Brausen vorhanden; unter jeder steht eine kleine ovale Wanne. Das Baden ist mit in den Stundenplan aufgenommen; alle 10 Minuten treten 10 Schüler an; auf diese Zeit kommen 6 Minuten Brausezeit, 4 Minuten Pause für Aus- und Ankleiden; während dieser Pausen sammelt sich das erwärmte Wasser in dem Behälter an. Jede Brause bringt in den 6 Minuten Brausezeit ca. 25 l Wasser; für 50 Bäder pro Stunde sind also 1250 l erforderlich. Der Houben'sche Apparat erwärmt stündlich 1620 l Wasser von 10 auf 32,5° C. mit einem festgestellten Gasverbrauch von 7,3 cbm; hiernach stellen sich die Kosten eines Bades bei den dortigen Verhältnissen auf ca. 1 Pfg.; die Gesamtanlage hat rund 2300 M. gekostet. Bei anderen Arten der Einrichtung wird das Wasser in direktem Anschluß an die Wasserleitung unter Druck erwärmt und geliefert, so daß die Aufstellung des Heizapparates nicht in einer höheren Etage zu erfolgen braucht.

Weitere Schulbrausebäder mit Houben'schen Apparaten sind in den Aachener Volksschulen, ferner in Frankfurt a. M. und Mannheim eingerichtet. Vergl. auch dieses Hdbch. Bd. VII S. 203 ff.

Apparate zur Gewinnung keimfreien Wassers.

Dessauer Wasserabkocher (Sterilisator). Zur Beschaffung keimfreien Wassers durch Abkochen eignet sich besonders ein neuerer Apparat der Centralwerkstatt Dessau; derselbe arbeitet nach dem Gegenstromprinzip mit dem denkbar geringsten Wärmeverbrauch.

Der Apparat (Fig. 17 und 18) wird bei *A* an die Wasserleitung angeschlossen; die Wassermenge wird durch Hahnstellung und einen Ueberlauf *H* auf $^1/_2$ l pro Minute geregelt. Das Wasser gelangt zuerst in den Vorwärmer *B*, dann durch eine über dem Gasbrenner *C* angeordnete Rohrschlange *D* kochend in den Kessel *E*, wo es 10 Minuten

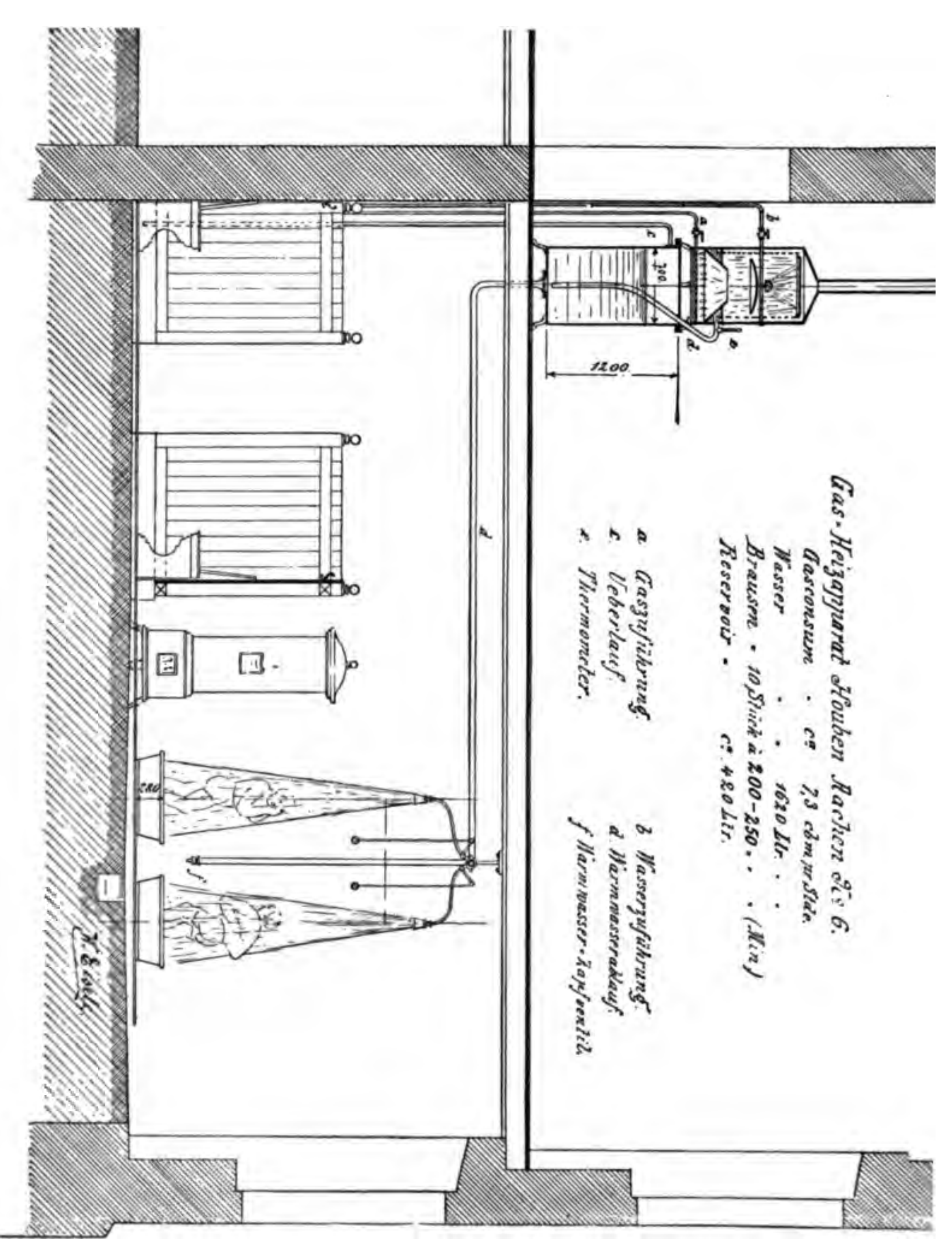


Fig. 16. Volksschulbad in Karlsruhe mit Gas geheizt.

lang kochend erhalten wird. Dann fließt es durch ein Rohr in das innere Röhrenbündel *F* des Vorwärmers *B* und giebt hier seine Wärme an das zufließende frische kalte Wasser ab, so daß es durch den Ablauf *B*, fast auf ursprüngliche Temperatur abgekühlt, ausfließt. Die dem Wasser zum Kochen zugeführte Wärme wird also zum großen Teil wieder gewonnen.

Weiteres über derartige Apparate vergleiche in der Hygienischen Rundschau:

1893 Seite 75 (Voller), Seite 858 (ohne Autor),

1894 Seite 14 (Rubner & Davids), Seite 241 (Davids).

Das Kochen mit Gas.

In den letzten Jahren hat sich die Verwendung des Steinkohlengases zum Kochen in sehr ausgedehnter Weise verbreitet. Die früher genannten Vorzüge des Gases zum Heizen gegenüber den Steinkohlen kommen für die Verwendung in der Küche in erhöhtem Maße zur Geltung, da hier ganz besonders eine schnelle Wirksamkeit des Feuers und die Möglichkeit leichter und genauer Regulierung von hervorragendem Werte ist. Zum Kochen werden meist entleuchtete Flammen angewendet, weil die Kochgeschirre in der Regel direkt von den Gasflammen berührt werden und blaue

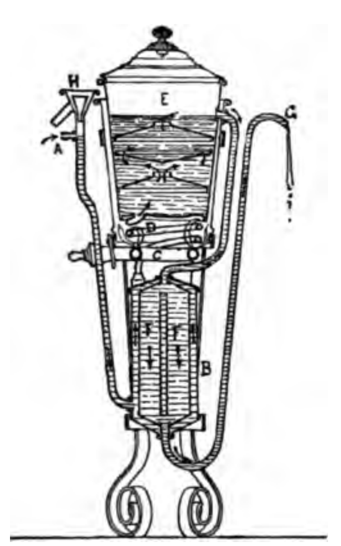


Fig. 17. Dessauer Sterilisator.

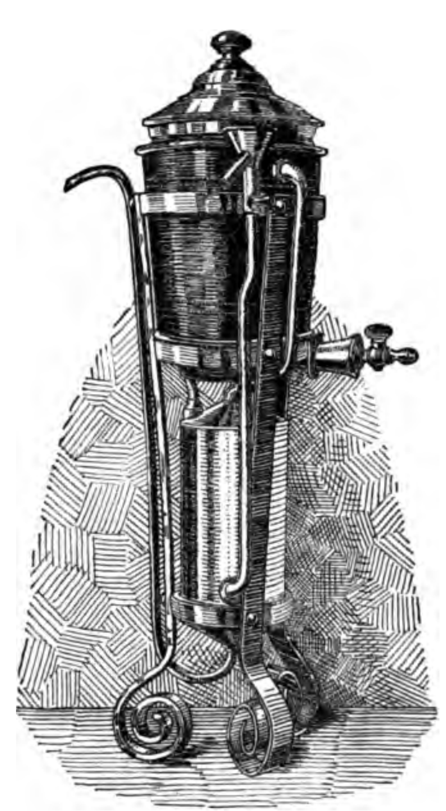


Fig. 18. Dessauer Sterilisator.

Flammen nicht rußen. Die Anordnung, Konstruktion und Ausstattung der verschiedenen Gaskochapparate, von dem einfachen Kocher bis zum vollständigen Gasherd mit Bratofen, Wärmeofen, Wasserkessel u. s. w. ist eine so mannigfaltige, daß eine nähere Beschreibung auch nur der wichtigeren an dieser Stelle zu weit führen würde. Eine ganze Reihe

deutscher Spezialfabriken fertigt Apparate jeder Art in sehr vollkommener Konstruktion und Ausführung an. Der Gasverbrauch der verschiedenen modernen Kocher guter Ausführung ist nicht sehr verschieden; im Durchschnitt werden zum Erhitzen von 1 l Wasser von 10° C. zum Sieden 35 l Gas verbraucht. Zusammenstellungen des Gasverbrauchs für die verschiedensten Zwecke finden sich in einer kleinen populären Schrift von Niemann (s. S. 135); hiernach ist beispielsweise für eine einfach bürgerlich lebende Familie von 6 Personen zur Bereitung der gesamten Speisen, vom Morgenkaffee bis zum Abendessen, einschließlich Aufwaschwasser nicht ganz 1 cbm Kochgas pro Tag erforderlich.

Die Gaskraftmaschinen.

Für das Kleingewerbe und auch für mittlere Gewerbebetriebe ist der Gasmotor nächst der Dampfmaschine die wichtigste Kraftmaschine. Derselbe hat seit der verhältnismäßig kurzen Zeit seiner allgemeinen Einführung eine bedeutende Vervollkommnung erfahren.

Die Erfindung der ersten Gaskraftmaschine rührt allerdings schon vom Ende des vorigen Jahrhunderts her und bis zum Jahre 1860 sind eine ganze Anzahl solcher Motoren konstruiert worden. Dieselben fanden jedoch wegen ihrer Mängel keine Einführung in die Technik. Die erste brauchbare Gaskraftmaschine ist die 1860 erfundene Lenoir'sche; 1867 auf der Pariser Weltausstellung wurde dieselbe vollständig in den Schatten gestellt durch eine neue Konstruktion von Otto und Langen in Deutz und 10 Jahre später, auf der dritten Pariser Weltausstellung, lieferte dieselbe Firma Otto's neuen Motor, welcher wieder alle früheren Konstruktionen in jeder Beziehung weit übertraf, eine so vollendet durchkonstruierte Maschine, daß bald darauf die meisten übrigen Gasmotorenfabrikanten dieselbe als Vorbild nahmen.

Die neue Otto'sche Maschine, sowie eine Anzahl teils nachgeahmter, teils auch mehr oder weniger selbständig erfundener Motoren, von welchen verschiedene den Deutzer Maschinen in Bezug auf Güte der Konstruktion und Oekonomie des Gasverbrauchs ebenbürtig an die Seite gestellt werden können, haben eine überraschend günstige Einführung und Verbreitung in der Technik gefunden. Die Vorzüge der neueren Gasmotoren sind leichte Aufstellbarkeit, leichte Bedienung, ruhiger Gang, Fehlen eines Kessels sowie jeder ständigen Wartung. Vor allem ist der Umstand wichtig und für das Kleingewerbe ausschlaggebend, daß sie jeden Augenblick in Betrieb gesetzt werden können und während des Betriebes außer der regelmäßigen Füllung der Schmiergefäße fast keiner Wartung bedürfen. Der Gasverbrauch beträgt bei den kleineren Sorten etwa 800 l, während derselbe bei größeren Maschinen schon auf 650 l pro Pferdekraftstunde zurückgegangen ist. Die Maschinen werden in allen Größen, von $^1/_4$ bis 120 P. S. gebaut. Nach aller Wahrscheinlichkeit kann schon für die nächsten Jahre eine Steigerung dieser Leistungsfähigkeit bis zu 500 P. S. und zu einer Oekonomie von 500 l Gas pro Pferdekraft und Stunde angenommen werden.

Besonders für den Betrieb kleinerer und mittelgroßer elektrischer Beleuchtungsanlagen werden Gasmotoren in den letzten Jahren mit

dem besten technischen und wirtschaftlichen Erfolge angewendet. Mit 1 cbm Betriebsgas werden bei kleineren Maschinen 270 Kerzen Leuchtkraft in Glühlampen erzeugt, während bei größeren Maschinen für eine 16-kerzige Glühlampe der Gasverbrauch bis auf 48 l pro Stunde sinkt.

Besonders die Firma Gebrüder Körting in Hannover hat mit großem Eifer und viel Erfolg die Konstruktion und Vervollkommnung von Gasmotoren zum Betriebe elektrischer Lichtmaschinen betrieben.

Figur 19 zeigt ihre Gasdynamo, in welcher die Kraftmaschine mit der Dynamo vereint ist; der Motor arbeitet durch eine besondere

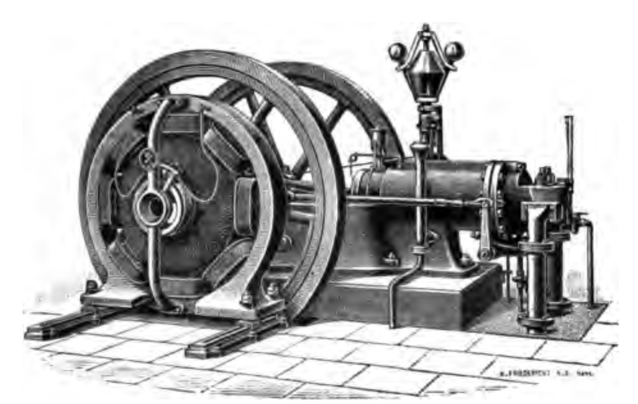


Fig. 19. Gasdynamo von Gebr. Koerting.

Präcisionssteuerung sehr gleichförmig, so daß die direkt an dem einen Wellenende angebrachte Dynamomaschine ein sehr gleichmäßiges Licht liefert; der Raumbedarf ist der denkbar geringste, die Betriebssicherheit die größte, da jede Transmission oder Riemenübertragung fortfällt und die Umdrehungsgeschwindigkeit eine mäßige ist.

Die Gaskraftmaschinen haben für das allgemeine Wohl den Wert, daß sie im Inneren der Städte kleine und größere Kraftbetriebe ermöglichen ohne Explosionsgefahr für die Nachbarschaft und ohne rauch- und rußerzeugende Kesselfeuerungsanlagen. Die Gasanstalten zählen deshalb zu den wichtigsten centralen Kraftversorgungsanstalten; nach Oechelhäuser (l. c. S. 119) wurden Anfangs des vorigen Jahres allein in Deutschland aus Centralgasanstalten 20000 Gasmotoren mit 70000 Pferdestärken versorgt; bisher existiert kein anderes Kraftversorgungssystem, welches eine solche Arbeitsmenge durch meist kleinere Motoren leistet.

Reichard, *Bericht der Gasheizkommission des deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, Journ. f. Gasbel.* (1892).
Niemann, *Ist das Heizen und Kochen mit Gas noch zu teuer? Dessau* (1892).
A. Voller, *Mitteilungen über Kochapparate mit Wärmeregeneration zur Sterilisierung von Trinkwasser, Journ. f. Gasbel.* (1893).
W. von Oechelhäuser, *l. c. (siehe oben S.* 119).
H. Hohtmann, *Vortrag über Kochen und Heizen mit Gas, Journ. f. Gasbel.* (1893).
Richard Goehde, *Vortrag über Kochen mit Gas, Gesundheitsingenieur* (1893).
Gasheizung für grofse Versammlungsräume, ibid. (1893).
Neuere Erfahrungen mit Gasheizung, ibid. (1893).

Coglievina, *Das Gas als Brennstoff im Dienste der Hauswirtschaft* (1898).
Erfahrungen bei Verwendung des Gases zu Koch- und Heizzwecken, Journ. f. Gasbel. (1893).
Eugen Schilling, *l. c., Versuche mit Gasheizöfen, Journ. f. Gasbel.* (1893).

Nachweis der Figuren.

Die Figuren 1 bis 6, 8 bis 10, 12 bis 15 und 17 bis 19 sind von den im Text genannten Firmen gütigst überlassen worden.
Die Figuren 7, 11 und 16 sind entnommen aus: Dr. Eugen Schilling, Neuerungen auf dem Gebiete der Erzeugung und Verwendung des Steinkohlengases. München 1892.

Register

zu den Abhandlungen der Herren Oldendorff, Albrecht, Weber und Rosenboom.

— —

*Landwirtschaftl. Verwertung der Fäkalien (Direkt. Dr. J. H. Vogel in Berlin).
Flußverunreinigung (Privatdozent Dr. Jurisch in Berlin).

Abteilung 2: **Bereits erschienen.**

*Leichenwesen einschl. der Feuerbestattung (Medizinalrat Wernich in Berlin).
*Abdeckereiwesen (Medizinalassessor Wehmer in Berlin).
*Straßenhygiene, d. i. Straßenpflasterung, -reinigung und -besprengung, sowie Beseitigung der festen Abfälle (Bauinspektor E. Richter in Hamburg).

BAND III: Nahrungsmittel und Ernährung.

Abteilung 1: **Bereits erschienen.**

*Einzelernährung und Massenernährung (Prof. J. Munk in Berlin).
*Nahrungs- und Genußmittel (Prof. Stutzer in Bonn).
*Gebrauchsgegenstände, Emaillen, Farben (der Herausgeber).

Abteilung 2:

Fleischschau (Direktor Dr. Hertwig in Berlin).
*Nahrungsmittelpolizei (Prof. Finkelnburg in Bonn).

BAND IV: Allgemeine Bau-(Wohnungs-)Hygiene.

*Einleitung: Einfluß der Wohnung auf die Gesundheit (Sanitätsrat Dr. Oldendorff in Berlin).
*Das Wohnungselend der großen Städte (Dr. Albrecht von der Centralstelle für Arbeiterwohlfahrt in Berlin).
} **Bereits erschienen.**

1) Eigentliche Wohnungshygiene:
   a) *Bauplatz, Baumaterialien, Anlage von Landhäusern, Mietskasernen, Arbeiterwohnhäusern und billigen Wohnungen überhaupt. Gesetzliche Maßnahmen zur Begünstigung gemeinnütziger Baugesellschaften (Dozent Chr. Nußbaum in Hannover).
   b) Stadtbaupläne, Bauordnungen, behördliche Maßnahmen gegen ungesunde Wohnungen (Baurat Stübben in Köln).
2) Heizung und Ventilation, technische Kapitel: städt. Ingenieur Schmidt in Dresden, hygienische Kapitel: der Herausgeber.
3) Beleuchtung:
   a) *Theoretischer Teil (Prof. Weber in Kiel).
   b) *Gasbeleuchtung (Ingenieur Rosenboom in Kiel).
   c) *Elektrische Beleuchtung und andere Anwendungen des elektr. Stromes im Dienste der öffentlichen Gesundheitspflege (Dr. Kallmann, Elektriker der Stadt Berlin).
   } **Bereits erschienen.**

BAND V: Spezielle Bauhygiene [Teil A].

Abteilung 1:

Krankenhäuser.
   a) Bau der Krankenhäuser (Bauinspektor Ruppel in Hamburg).
   b) Verwaltung der Krankenhäuser (Direktor Merke in Moabit-Berlin).

Aerztliche Ansprüche an militärische Bauten: Militärlazarette u. s. w. (Oberstabsarzt Dr. Villaret in Spandau).

Abteilung 2:

Gefängnishygiene (Geheimrat Dr. Baer in Berlin).

BAND VI: Spezielle Bauhygiene [Teil B].

*Markthallen und Viehhöfe (Baurat Osthoff in Berlin).
*Volksbäder (Bauinspektor R. Schultze in Köln).
*Theaterhygiene (Prof. Büsing in Berlin-Friedenau).
} **Bereits erschienen.**

*Unterkünfte für Obdachlose, Wärmehallen (Privatdocent und Baumeister Knauff und der Herausgeber, beide in Berlin).
*Schiffshygiene (Dr. D. Kulenkampff in Bremen).
Eisenbahnhygiene (Sanitätsrat Braehmer in Berlin).

BAND VII, Abteilung 1:

Oeffentlicher Kinderschutz (Privatdozent Dr. H. Neumann in Berlin).

Abteilung 2:

*Schulhygiene (Oberrealschulprofessor Dr. L. Burgerstein u. k. k. österr. Vice- sekretär i. Min. d. Inn. Dr. Netolitzki [mediz. Kapitel] beide in Wien). } **Bereits erschienen.**

BAND VIII: Gewerbehygiene.

Allgemeiner Teil: **Bereits erschienen.**

*Allgemeine Gewerbehygiene und Fabrikgesetzgebung (Dr. Roth, Reg.- und Medizinalrat in Köslin).

*Fürsorge für Arbeiterinnen und deren Kinder (Dr. Agnes Bluhm).

*Maschinelle Einrichtungen gegen Unfälle (Prof. Kraft in Brünn).

*Die Lüftung der Werkstätten (Prof. Kraft in Brünn).

Spezieller Teil:

Die Unterhandlungen mit den Herren Mitarbeitern sind noch nicht beendet
Demnächst werden erscheinen:

1) Hygiene der Berg- und Tunnelarbeiter.
  *a) Technische Abschnitte (Bergrat Meissner im preußischen Handelsministerium in Berlin).
  b) Medizinische Abschnitte (San.-Rat Dr. Füller in Neunkirchen).

*2) Hygiene der Hüttenarbeiter (Bergassessor Saeger in Friedrichshütte).

*3) Hygiene der chemischen Großindustrie.
  *a) Anorganische Betriebe, namentlich anorganische Säuren und deren Salze (Privatdozent Dr. Heinzerling in Darmstadt).
  *b) Bearbeitung des Phosphors (Oberstabsarzt Dr. Helbig in Dresden).
  *c) Organische Betriebe (Dr. Fr. Goldschmidt in Nürnberg).

4) Hygiene der Glasarbeiter und Spiegelbeleger (Physikus Dr. Schäfer in Danzig).

5) Hygiene der Textilindustrie (Dr. Netolitzki, Vicesekretär im k. k. österr. Ministerium des Innern).

6) Hygiene der Borstenarbeiter (Dr. Fr. Goldschmidt in Nürnberg).

7) Hygiene der Handarbeiterinnen [Schneiderinnen etc.] (Frl. Dr. med. Agn. Bluhm in Berlin).

8) Hygiene der Tabakarbeiter (Grhrzgl. bad. Fabrikinspektor Schellenberg in Karlsruhe).

9) Hygiene der Bäckereien (Dr. Zadek in Berlin).

Beiträge haben ferner zugesagt: Professor Celli in Rom und Dr. W. Sonne, Direktor der großherzogl. hess. Prüfungs- und Auskunftsstation in Darmstadt.

BAND IX: Aetiologie und Prophylaxe der Infektionskrankheiten.

Bakteriologie und Epidemiologie der Infektionskrankheiten (Prof. Weichselbaum in Wien).

Immunität und Schutzimpfung (Prof. Emmerich in München).

Desinfektion und Prophylaxe der Infektionskrankheiten (der Herausgeber).

BAND X: Ergänzungsband. Generalregister zu allen Bänden.

Alkoholismus (Dr. Leppmann in Berlin).

Hygiene der Prostitution (Prof. Neisser in Breslau).

Die mit einem * bezeichneten Manuskripte liegen entweder bereits gedruckt vor oder sind in den Händen des Herrn Herausgebers. Um ein rasches Erscheinen des Werkes herbeizuführen, wird gleichzeitig an mehreren Bänden gedruckt und die Ausgabe derselben je nach Vollendung des Druckes eines jeden Abschnittes oder einer Abteilung erfolgen. Grössere Abschnitte werden stets eine besondere Lieferung bilden, deshalb werden die Lieferungen in verschiedenem Umfange und zu verschiedenen Preisen erscheinen; der Preis des vollständigen Werkes wird sich nach dem Umfange richten, den Betrag von M. 90 aber keinesfalls übersteigen.

Die bereits erschienenen Abschnitte des Werkes können von jeder Buchhandlung zur Ansicht geliefert werden.

Bestellungen auf das „Handbuch der Hygiene“ nimmt eine jede Sortimentsbuchhandlung Deutschlands und des Auslandes entgegen.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 1246

Grundzüge
der Sicherheitstechnik für elektrische
Licht- und Kraft-Anlagen.

Bearbeitet von

Dr. Martin Kallmann,
Ingenieur, Stadt-Elektriker von Berlin

Mit 45 Abbildungen im Text.

JENA.
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1895.

Diese Abhandlung bildet zugleich die **15. Lieferung** des

Handbuchs der Hygiene
herausgegeben von Dr. THEODOR WEYL in Berlin.

VIERTER BAND.

Bau- und Wohnungshygiene. Allgemeiner Teil. Lieferung 2.

Preis für Abnehmer des ganzen Werkes: 2 M. — Pf.
Preis für den Einzelverkauf: . . . . . . 2 M. 80 Pf.

Fortsetzung auf der 3. Seite des Umschlags.

GRUNDZÜGE DER SICHERHEITSTECHNIK FÜR ELEKTRISCHE LICHT- UND KRAFT-ANLAGEN.

VON

DR. MARTIN KALLMANN,
INGENIEUR, STADT-ELEKTRIKER VON BERLIN.

MIT 45 ABBILDUNGEN IM TEXT.

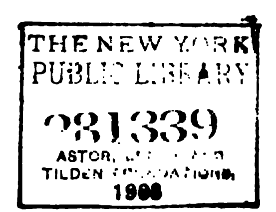
HANDBUCH DER HYGIENE.

HERAUSGEGEBEN VON

DR. THEODOR WEYL.

VIERTER BAND. ERSTE ABTEILUNG.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1895.



Inhaltsübersicht.

Nachdem die Elektrotechnik die vorbereitenden Stadien der Versuchsjahre überwunden und aus den engen Schranken der Laboratorien in die Arena der Oeffentlichkeit und des industriellen Wettbewerbes hinausgetreten ist, hat sie nunmehr bereits seit einer längeren Reihe von Jahren Gelegenheit gehabt, ihre praktische Lebensfähigkeit zu erweisen. Hierzu war in allererster Linie erforderlich, daß sie nicht nur hinsichtlich der Vielseitigkeit ihrer Anwendungen, fernerhin hinsichtlich des Preises und der Lebensdauer ihrer Produkte sich anderen Unternehmungen gegenüber als konkurrenzfähig bewähren mußte, sondern sie sollte auch den höchsten Anforderungen der öffentlichen Sicherheit in jeder Beziehung gerecht werden können. — Gerade für die angewandte Elektricität lagen die Verhältnisse, unter welchen sie ins Leben trat, insofern doppelt schwierig, als sie nicht nur, um sich ein erstes Absatzgebiet zu erringen, den Zwecken eines oft raffinierten Komforts dienen, sondern auch gleich von vornherein den gegenwärtig mit Recht in den Vordergrund getretenen Rücksichten auf das Leben und die Gesundheit des Publikums, den scharfen Bedingungen zur Verhütung von Unfällen und von Feuersgefahren genügen mußte. So kam es, daß die Elektrotechnik gezwungen war, in dem letzten Decennium nicht allein die Feuerprobe ihrer Existenzfähigkeit im allgemeinen zu bestehen, sondern auch gleichzeitig den von Jahr zu Jahr rapide gesteigerten Forderungen der öffentlichen Gesundheitspflege zu entsprechen. — Daß die Elektrotechnik hinsichtlich des ersteren Punktes, nämlich hinsichtlich ihrer Lebens- und Konkurrenzfähigkeit, diese schwere Probe glänzend bestanden hat, beweist wohl zur Genüge der großartige Aufschwung der elektrotechnischen Industrie und die enorme Ausdehnung von elektrischen Anlagen jeder Art. Daß aber die angewandte Elektricität auch imstande ist, den höchsten Forderungen der Hygiene gerecht zu werden, soll auf den folgenden Blättern dargelegt werden.

Die Beziehungen der Elektrotechnik zur öffentlichen Gesundheitspflege können von mehrfachen Gesichtspunkten aus betrachtet werden. Einmal würde es sich um die unmittelbare Verwendung der Elektricität zur möglichsten Verhütung von Unfällen, von Feuersgefahren u. s. w. handeln; diese Fragen sind jedoch bereits gelegentlich bei Bearbeitung der anderen Gebiete der Hygiene behandelt worden, sodaß von einer gesonderten Darstellung dieses vor allem die elektrischen Signalvorrichtungen und Meldeapparate umfassenden Zweiges der Elektrotechnik hier füglich abgesehen werden kann. Eine andere Beziehung der Elektrotechnik läßt sich aus dem Gesichtspunkte der Bedeutung herleiten, welche die elektrische Be-

leuchtung und der elektrische Kraftbetrieb in allgemeiner hygienischer Hinsicht besitzen. Es sind jedoch diese Vorzüge und die Verdienste der angewandten Elektricität zur Verbesserung der allgemeinen Lebensbedingungen so oft gewürdigt, und die Ueberlegenheit des elektrischen Lichtes über andere Beleuchtungsarten insbesondere in sanitärer Hinsicht und des Elektromotorenbetriebes über alle anderen Systeme von Kraftverteilung vornehmlich in betriebs- und sicherheitstechnischer Hinsicht so allgemein anerkannt, daß diese Gesichtspunkte wohl nur gelegentlich berührt zu werden brauchen Den eigentlichen Gegenstand der vorliegenden Abhandlung soll aber die Darstellung aller der Anforderungen bilden, welche im Interesse des Wohles und der Sicherheit der Allgemeinheit an elektrische Anlagen jeder Art gestellt werden müssen.

Es geht schon aus diesem Hauptthema hervor, daß es sich hierbei hauptsächlich um die Darlegung der allgemeinen Sicherheitsmaßnahmen für elektrische Starkstrombetriebe handelt. Wenn auch die allgemein hierauf bezüglichen Gesichtspunkte in analoger Form ebenso bei Schwachstromanlagen — als privaten oder öffentlichen Signal-, Telephon- oder Telegrapheneinrichtungen — Geltung haben, so kann doch angesichts der minimalen hierbei zur Verwendung gelangenden und jegliche öffentliche Gefahr ausschließenden Kraftäußerungen dieses Gebiet hier außer Betracht gelassen werden. Was jedoch die Starkstrombetriebe betrifft, so sind hierbei ganz allgemein besonders strenge Sicherheitsvorschriften zu befolgen, gleichviel, ob der elektrische Strom zur Beleuchtung, zur Kraftabgabe oder zu anderen praktischen Verrichtungen dienen soll. Aus diesem Grunde werden im ersten Teile dieser Arbeit die allgemeinen Grundsätze, darauf die hauptsächlichsten beim Bau und Betrieb elektrischer Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen zu befolgenden Bedingungen besprochen werden, während im letzten Teile, in getrennten Abschnitten die speziellen Verhältnisse elektrischer Beleuchtungseinrichtungen, und sonstiger technischer Verwendungsarten behandelt werden.

Die außerordentliche Fülle des Stoffes macht bei dem knapp bemessenen Raume eine eingehendere Erörterung der mannigfachen Probleme unmöglich, und es möge daher entschuldigt werden, wenn nur die prinzipiell wichtigsten Punkte beleuchtet und aus der großen Menge für bestimmte Zwecke vorhandener Konstruktionen nur die charakteristischsten vorgeführt werden. Die leichtfertigen und allen Sicherheitsvorschriften Hohn sprechenden Ausführungen elektrischer Anlagen, wie sie z. B. früher in Amerika üblich waren, ferner die Anwendung lebensgefährlicher Spannungen ohne umfassende Schutzmaßregeln, endlich die meistens übertriebenen Schilderungen durch Elekricität hervorgerufener Unfälle in der Tagespresse haben leider viel dazu beigetragen, daß falsche Vorstellungen über die Sicherheitsbedingungen elektrischer Anlagen im Publikum erweckt und die Elektrotechnik selbst teilweise lange Zeit in Mißkredit gebracht wurde. Möge die vorliegende Arbeit ein wenig dazu beitragen, etwaige noch vorhandene Zweifel an der Güte, Sicherheit und Gefahrlosigkeit rationell und technisch vollkommen hergestellter elektrischer Starkstromanlagen zu zerstreuen und zu erweisen, daß die Elektrotechnik das Stadium des Versuchs längst überwunden und eine so hohe Stufe technischer Vollendung erreicht hat, daß sie allen Anforderungen der Sicherheitstechnik und der Hygiene gerecht werden kann.

A. Die allgemeinen elektrischen Erscheinungsformen und die Grundprinzipien der Sicherheitstechnik.

Um zunächst die allgemeinen Gesichtspunkte zu erörtern, unter welchen elektrische Anlagen aller Art betrachtet werden müssen, kann man unter den Sicherheitsvorrichtungen unterscheiden:

1) Maßnahmen zur Sicherung von Leben und Gesundheit;
2) Vorkehrungen zur Verhütung von Feuersgefahren;
3) Rücksichten der Betriebssicherheit, der Güte und der Kosten.

Alle diese Faktoren müssen bei der Wahl des Stromsystems, beim Bau und beim Betriebe elektrischer Anlagen in Rücksicht gezogen werden.

§ 1. Erzeugung des elektrischen Stromes.

Zur Erzeugung der elektrischen Energie kommen für uns nur maschinelle Anlagen in Frage. Hinsichtlich der Betriebskraft handelt es sich entweder um die Ausnutzung vorhandener Wasserkräfte (Turbinenanlagen u. dergl.) oder um die Verwendung von Dampfmaschinen, Gaskraft-, Benzin-, Petroleum-, Heißluft-, Druckluft- u. s. w. -Motoren. In seltenen Fällen hat man auch die bewegende Kraft des Windes zum Betriebe von Windmotoren für die Erzeugung elektrischer Energie nutzbar gemacht. Es braucht aber hier auf diese verschiedenen Arten der Krafterzeugung nicht näher eingegangen zu werden, da die allgemein hierauf bezüglichen Sicherheitsvorschriften von anderer Seite in dem Kapitel über maschinelle Einrichtungen gegen Unfälle (Bd. VIII dieses Handbuches), sowie gelegentlich an anderen Stellen dieses Werkes behandelt worden sind. In anderer Hinsicht aber ist die Erörterung der genannten verschiedenen Betriebsarten elektrischer Maschinen, insbesondere für die Beurteilung der Oekonomie und Rentabilität der Anlagen und somit der Kosten von großer Wichtigkeit, ein Punkt, welcher an späterer Stelle noch näher erörtert werden soll.

§ 2. Stromsysteme.

Wenn nun auch ganz allgemein die elektrische Kraft nur durch die Dynamomaschinen in wirtschaftlicher Hinsicht rationell produziert werden kann, so ist doch auch hierbei eine Reihe verschiedener Stromarten zu unterscheiden.

Die elektrische Energie kann entweder als Gleichstrom oder als Wechselstrom erzeugt werden, wobei in das Gebiet der Wechselströme auch die verschiedenen Arten des Mehrphasen- oder Drehstromes einbegriffen sind.

Die verbreitetste Art elektrischer Energie ist die in Form von Gleichstrom gelieferte, wie solcher auch durch galvanische Elemente erzeugt wird. Eine Gleichstrommaschine besteht im wesentlichen aus einem feststehenden Gestell von Magneten, vor deren Polen eine geschlossene Drahtwickelung (die Armatur) rotiert. Nehmen wir in den Magneten im allgemeinen einen in Bezug auf Stärke und Polarität konstanten Magnetismus an, so würden in der rotierenden Armatur bei ihrem wechselnden Vorbeigehen am Nord- und Südpole Ströme wechselnder Richtung (in der Form den Wellenlinien ähnelnd) ent-

stehen. Diese Wechselströme werden durch den sogenannten Kommutator in gleichgerichteten Strom umgewandelt, und dieser Gleichstrom durch Schleifkontakte, die sogenannten gegen den rotierenden Kommutator drückenden Bürsten, in den äußeren Stromkreis als nutzbare Energie abgeleitet.

§ 3. Spannung.

Die beiden Pole einer Gleichstrom-Dynamo haben verschiedene elektrische Spannung. Man nennt den einen Pol den positiven, den anderen den negativen Pol der Maschine. Die Differenz der Spannung zwischen dem positiven und dem negativen Pole, die sogenannte Potential- oder Spannungsdifferenz, auch kurzweg Betriebsspannung genannt, wird in Volt gemessen und entspricht dem Charakter nach dem z. B. in einer Wasserleitung herrschenden Drucke. Die Spannungsgröße von 1 Volt ist ungefähr der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Kupfer-Zink-Elementes gleich.

§ 4. Stromstärke.

Außer der Spannung kommen bei elektrischen Erscheinungen vor allem noch die Stromstärke und der Widerstand in Betracht. Die Stromstärke wird in Ampère gemessen und bildet auch ein Maß für die in der Zeiteinheit durch eine Leitung hindurchgegangenen Elektricitätsmenge. Diese Strommenge ist also ihrem Charakter nach mit dem in einer Sekunde durch ein Wasserleitungsrohr hindurchfließenden Wasserquantum vergleichbar.

§ 5. Elektrische Arbeitsleistung.

Aus diesen beiden Faktoren der Spannung und der Stromstärke berechnet sich der Gesamtverbrauch an Elektricität oder die Größe der elektrischen Energie. Die Einheit der elektrischen Arbeitsleistung ist also gleich dem Produkt aus Spannungs- und Stromeinheit, gleich Volt $\times$ Ampère = Voltampère = Watt. Die elektrische Leistungsberechnung entspricht ihrem Wesen nach der Methode der mechanischen Effektberechnung. Diese letztere wird bekanntlich dadurch bestimmt, daß man als Einheit die Leistung annimmt, welche zum Emporheben von 1 kg auf die Höhe von 1 m aufgewendet werden muß. Die Arbeitsgröße von 1 Kilogr.-Meter ist alsdann als lebendige Kraft in dem auf die genannte Höhe emporgehobenen Körper aufgestapelt zu denken, und diese Energiemenge würde — von Verlusten abgesehen — wieder als nutzbare Leistung abgegeben werden können, indem man das Kilogramm aus der Höhe von 1 m herabfallen läßt. Die Arbeitsleistung von 75 Kilogr.-Meter wird als Pferdestärke (1 P.S. = 75 mkg) bezeichnet und ist einer elektrischen Leistung von 736 Watt gleichwertig. Ebenso wie alle mechanischen Effekte nach Pferdestärken technisch bestimmt werden, gleichviel ob es sich um die Ausnutzung von Wind-, Wasser-, Dampf-, Druckluftkräften oder um die Verwertung der Explosivkraft von Gasen, um die Umsetzung chemischer Energie u. dergl. handelt, ebenso lassen sich alle elektrischen Phänomene bezüglich des Arbeitsverbrauchs und der produzierten Leistungen nach Watt- oder Pferdekraftstunden bestimmen, gleichviel ob die elektrische Energie in Form von Licht,

Wärme, motorischer Kraft, chemischem Effekt u. s. w. in die Erscheinung tritt. Es ist nun praktisch unmöglich, eine aufgewendete Arbeitsleistung voll wieder nutzbar zu gewinnen, da mit jedem Umwandlungs- oder Fortleitungsprozeß Effektverluste verbunden sind; in einer Wasserleitung z. B. würde zwar die Quantität des Wassers stets ungemindert (von Leckstellen natürlich abgesehen) dem Verbrauchsorte zugeführt werden können, jedoch findet durch Reibung des Wassers an den Wänden u. dergl. ein Druckverlust in den Leitungen statt, der um so größer ist, je weiter bei z. B. konstantem Rohrdurchmesser die Verbrauchsstelle vom Erzeugungsorte (z. B. dem Wasserwerke) entfernt ist. Analog findet bei dem Transport von Elektricität ein Effektverlust in den Drahtleitungen statt, dessen Wert durch das Drahtmaterial, durch den Querschnitt des Drahtes und durch die Länge desselben bedingt wird, und der um so größer ist, je schlechter die Leitungsfähigkeit des Drahtmaterials, je geringer sein Querschnitt und je größer die Länge des vom Strom zu passierenden Drahtes ist.

§ 6. Widerstand.

Je geringer die spez. Leitungsfähigkeit eines Materials ist, desto größer ist sein spezifischer elektrischer Widerstand. Ein sehr dünner, langer, z. B. aus Eisen hergestellter Leitungsdraht bietet daher dem hindurch fließenden elektrischen Strome einen größeren Widerstand dar als ein dickerer und kürzerer Kupferdraht, weil, außer dem größeren Querschnitt und der geringeren Länge, in diesem Falle schon ohnehin das Kupfer an und für sich den Strom besser leitet als Eisen. Als Einheit des elektrischen Widerstandes bezeichnet man einen Quecksilberfaden von 1 qmm Querschnitt und ca. 1,06 m Länge; derselbe besitzt einen Widerstand von 1 Ohm. Um nun einen Strom von 1 Ampère durch einen Widerstand von 1 Ohm hindurchsenden zu können, muß man eine Spannung von 1 Volt zur Verfügung haben, d. h. wenn ein Strom von 1 Ampère Stärke eine Drahtleitung von 1 Ohm Widerstand durchfließt, so herrscht zwischen dem Anfangs- und dem Endpunkte dieser Drahtleitung eine Spannungsdifferenz von 1 Volt. Zur Ueberwindung des Widerstandes und zur Deckung des in demselben hervorgerufenen Effektverlustes ist in diesem Falle ein Arbeitsaufwand von 1 Volt $\times$ 1 Ampère = 1 Watt erforderlich. Diese Leistung, welche bei der Fortleitung des Stromes in dem Drahte selbst verzehrt wird, wird in der Leitung in Wärme umgesetzt, sodaß mithin jeder vom Strom durchflossene elektrische Leiter hierbei eine Temperaturerhöhung erfährt. Der auf diese Weise zur Wärmeerzeugung in der Leitung verloren gehende elektrische Energiebetrag stellt mithin den Arbeitsverlust dar, welcher bei dem Transport und der Umwandlung von Elektricität auftritt.

§ 7. Allgemeine sicherheitstechnische Prinzipien.

Aus diesen Erwägungen ergeben sich in naturgemäßer Folgerung ohne weiteres die Gesichtspunkte, nach welchen elektrische Anlagen zu beurteilen sind. Ebenso wie bei Dampf-, Druckluft-, Wasserwerk- u. dergl. -Anlagen, bei denen die krafterzeugenden Maschinen und Leitungen einem inneren Drucke zu widerstehen haben, die Wandungen aller Betriebsorgane auf die hierzu erforderliche Festigkeit und

Widerstandsfähigkeit geprüft, und ferner zur Verhütung von Gefahren geeignete Sicherheitsvorrichtungen in Anbetracht der gefährlichen Eigenschaften des Kraftmittels (z. B. des Dampfes) selbst, des in diesen Anlagen herrschenden Ueberdruckes u. s. w. in der Kraftstation, im Leitungsnetze und an den Verbrauchsstellen selbst vorgesehen werden müssen, so sind auch bei elektrischen Anlagen ganz analoge Bedingungen zu erfüllen.

§ 8. Isolation.

Um dem Strom den Uebertritt aus den Drahtleitungen in das umgebende, mehr oder weniger gutleitende Medium, z. B. in das Erdreich, Mauerwerk, Wasser u. s. w. unmöglich zu machen, müssen alle stromführenden Organe mit einer elektrisch isolierenden Hülle umgeben werden. Bei oberirdisch frei gespannten Drahtleitungen bietet auf der freien Spannweite die Luft selbst das vorzüglichste Isolierungsmittel dar, bei unterirdisch verlegten oder sonst mit anderen Körpern in Berührung stehenden Leitungen muß jedoch für eine ausreichende künstliche Isolation Sorge getragen werden. Hierzu dient eine Umhüllung der Drahtleitung mit isolierenden d. h. sehr schlecht leitenden Materialien wie Baumwoll- oder Seidenumspinnung, Wachs-, Teer-, Asphalt-, Gummi- u. dgl. Ueberzug, oder man befestigt die im übrigen frei gespannten blanken Leitungen an Porzellan- oder Glasisolatoren oder bettet sie in Oel, Paraffin u. dgl. Je schlechter ein Material, wie z. B. die genannten Substanzen, den Strom leitet, je größer also sein spezifischer elektrischer Widerstand ist, desto größer ist seine Isolierfähigkeit, und desto geeigneter kann dasselbe als Isolationsmittel verwandt werden. Es ist aus dem Gesagten ersichtlich, daß man die Größe des Isolationswertes ebenso wie den Widerstand nach Ohm bestimmt. Abgesehen von der Isolationsgüte des Materials an sich hat man zur Ermittelung des Isolationswiderstandes demnach die Länge und die Dicke (bezw. den Querschnitt) einer Leitung in Rechnung zu ziehen. Der z. B. in einem Kabel — d. h. einem gegen Erde genügend gut durch eine umgebende Schutzhülle isolierten Leitungsdrahte — fortgeleitete elektrische Strom sucht die isolierende Hülle zu durchbrechen und durch den Mantel hindurch in das umgebende Medium, z. B. das Erdreich, hinauszufließen, sobald er sich auf diesen Nebenwegen eine bequemere Bahn verschaffen kann. Nach dem vorhererwähnten sogenannten Ohm'schen Gesetze würde daher der Uebertritt von Strom durch den Isoliermantel hindurch unter sonst gleichen Spannungsverhältnissen quantitativ um so größer sein, je größer die gesamte Mantelfläche des Leiters, und je schlechter isolierend und im allgemeinen je dünner dieser Mantel ist. Wenn also z. B. ein bestimmtes Isoliermaterial (z. B. Guttapercha) von bestimmter Dicke zur Umhüllung der Leitungen und Apparate verwendet worden ist, so ist ceteris paribus die durch den Isoliermantel hindurchtretende, mithin verloren gehende und ev. schädlich wirkende Strommenge um so größer, je dicker und je länger das betreffende Kabel ist, da dieses eine um so größere Mantelfläche, also bequemere Passage dem Strome darbietet. Es erhellt hieraus, daß der Gesamtwert der Isolation unter sonst gleichen Verhältnissen ein um so geringerer ist, je größer die Dimension, d. h. die Ausdehnung der elektrischen Anlage ist. — Wenn z. B. als Isolationswiderstand

eines Kabels pro 1 km Länge 100 Millionen Ohm von dem betreffenden Lieferanten garantiert sind, so würde bei einem aus solchen Kabeln bestehenden städtischen Verteilungsnetz von 1000 km Gesamtleitungslänge sich eine Gesamtisolation von 100000 Ohm ergeben. Bei einer kleineren Hausinstallation würde es sich allerdings nicht um so enorme Leitungslängen handeln, dafür ist aber auch die Qualität des Isolationsmaterials hierbei in der Regel erheblich geringer als bei den kostspieligen Straßenkabeln. Mithin resultiert hieraus schon an sich ein erheblich geringerer Gesamtisolationswert. Erwägt man nun, daß eine elektrische Centralanlage sich aus einer oder mehreren Kraftstationen, einem ausgedehnten Straßenleitungsnetz und einer großen Zahl von Hausinstallationen mit ihren vielerlei Konsumpunkten zusammensetzt, so ist ohne weiteres verständlich, daß der gesamte Isolationswiderstand einer ausgedehnten Centralanlage selbst unter ganz gesunden und normalen Verhältnissen, d. h. keine besonderen Isolationsfehler vorausgesetzt, schon an sich recht gering ist. Ohne weiter auf die Größenverhältnisse solcher Isolationsbestimmungen hier einzugehen, sei nur noch betont, daß dieser mehr ideelle Isolationswert in Wirklichkeit noch durch die in jeder größeren Anlage vorhandenen und auf die Länge der Zeit unvermeidlichen, zahlreichen Fehler und Ableitungsstellen sehr bedeutend herabgedrückt wird. Die Hauptfehlerquellen liegen naturgemäß in den zahlreichen Hausinstallationen, welche täglich den verschiedenartigsten Einflüssen, mutwilliger Zerstörung u. s. w. ausgesetzt und infolge ihrer großen Zahl und Abgeschlossenheit der Kontrolle des Werkes mehr als andere Teile der Anlage entrückt sind. Dazu kommt, daß gerade die Hausinstallationen, deren verschiedenartige, wechselnde und oft aus bautechnischen Gründen sehr schwierige Verhältnisse eine besonders sachgemäße, gründliche und gediegene Ausführung verlangen, in der Regel bei ihrer Herstellung der freien Konkurrenz überlassen sind. Da die Hausinstallationen nun ferner zumeist auf Kosten der Konsumenten selbst ausgeführt werden, so spielt selbstverständlich der Herstellungspreis eine Hauptrolle bei solchen Vergebungen. Daß eine außerordentliche Sorgfalt, eine gründliche Fachkenntnis, die Verwendung des besten Materials unter Benutzung aller Hilfsmittel der Technik bei solchen Montageausführungen, mögen sie auch auf den ersten Blick noch so einfach erscheinen, die erste Bedingung eines guten und gesicherten Betriebes ist, wird leider nur zu oft vergessen. — Die Ausführung der Hausinstallationen wird oft ohne Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit der konkurrierenden Firmen ohne Bedenken dem billigst Offerierenden übertragen, der häufig ohne besondere elektrotechnische Fachkenntnis und Mittel skrupellos natürlich unter Verwendung des billigsten oder gerade noch ausreichenden Materials die Montage bewerkstelligt. Wenn nun auch bei der Abnahme der Installation seitens des Elektricitätswerkes ein Minimalwert der Isolation verlangt wird, so kann doch die Prüfung einer solchen Anlage selten die Aufdeckung der vielen im Anfang verborgenen Fehler der Herstellung bewirken. — Diese treten erst in der Regel nach einiger Zeit hervor, und die ursprünglichen Mängel der Anlage rächen sich dann sehr bald durch die nachträglich um so unangenehmer fühlbaren wiederholten Reparaturen. Die Installationen sind daher die Schmerzenskinder der Elektricitätswerke, ihre Kontrolle, Ueberwachung und Instandhaltung erfordert eine außerordentliche Mühe

und die in den Wohnungen der Konsumenten bei fehlerhaften Anlagen so häufigen Reparaturen werden vom Publikum recht lästig empfunden und sind geeignet, den elektrischen Betrieb ungerechtermaßen zu diskreditieren.

Die Sicherheitsvorschriften für elektrische Betriebe beziehen sich schon aus diesen Gründen vor allem auf die Herstellung der Hausinstallationen, und wenn wir auch in einem späteren Abschnitt auf diese noch besonders zu sprechen kommen, so wollten wir doch auch schon mit diesen allgemeinen Bemerkungen darauf hinweisen, daß die Kontrolle der Isolation und die Beseitigung der Fehler vornehmlich der Hausanlagen für die Güte und Sicherheit des gesamten Betriebes eine Frage von einschneidender Bedeutung ist.

§ 9. Einfluss der Spannung.

Die Bedingungen, welchen die Güte und Sicherheit elektrischer Anlagen genügen muß, lassen sich ganz allgemein aus dem Charakter der im Vorhergehenden dargelegten elektrischen Hauptgrößen herleiten: der Spannung, der Stromstärke und dem Widerstande bezw. der Isolation. — Die Spannung oder elektromotorische Kraft des elektrischen Stromes kann in mehrfacher Hinsicht zerstörende oder schädliche Wirkungen ausüben:

a) Gefahren für Leben und Gesundheit.

Von besonderer Wichtigkeit sind die physiologischen Effekte, indem hohe Spannungen unter Umständen sogar unbedingt tödlich wirken können. — Gleichstrom von der gewöhnlich in den Wohnungen vorkommenden Spannung von selten mehr als 250 Volt kann bei unvermuteter Berührung der Pole höchstens ein momentanes Unbehagen ohne jede weitere schädliche Wirkung verursachen. Tödlich dürfte der Gleichstrom wohl erst bei mehr als 1500 Volt Spannung wirken, obgleich derartige physiologische Effekte sehr verschieden nach der Individualität sich äußern. Bis zu einer Spannung von 600 Volt ist aber jedenfalls dem Gleichstrom jede Gefahr für Leben und Gesundheit abzusprechen, sodaß bis zu dieser Spannung hinauf zwar stets nach Möglichkeit Vorsichtsmaßregeln gegen Berührung der blanken Leitungsteile zu treffen sind, aber erst bei höheren Graden von Spannung durch die allerstrengsten Vorkehrungen jegliche Gefahr verhütet werden muß.

Wechselstrom kann schon bei erheblich niedrigeren Spannungen schädlich wirken; ein Schlag von 250 Volt wird von empfindlichen Personen schon sehr schmerzhaft empfunden. Man nimmt im allgemeinen an, daß Wechselstrom bei ca. 1000 Volt in der Regel bereits tödlich wirken kann; es sei hier erwähnt, daß die elektrischen Hinrichtungen in Amerika mit Wechselstromspannungen von 1500 bis 2000 Volt vollzogen werden. Derartige hohe Spannungen kommen an den Benutzungsstellen in Hausinstallationen bei uns überhaupt nicht vor, ebensowenig wie im allgemeinen oberirdische Leitungen in Städten so hohe Spannungen führen dürfen.

Es beschränken sich daher die Vorsichtsmaßreln gegen so lebensgefährliche Potentiale im allgemeinen auf die in den Maschinenhäusern selbst zu treffenden Schutzvorkehrungen. Bei elektrischen

Kraftübertragungen, bei denen es sich z. B. um die Ausnutzung von Wasserkräften und den Transport großer Energiemengen auf weite Entfernungen hin handelt, kommen aus ökonomischen Rücksichten meistens enorm hohe Spannungen zur Anwendung, so wurde z. B. bei der berühmten gelegentlich der Frankfurter elektrotechnischen Ausstellung [1] im Jahre 1891 ausgeführten Ferntransmission von ca. 300 Pferdestärken von Lauffen nach Frankfurt auf eine Distanz von 175 km eine Spannung bis zu 30000 Volt angewendet.

b) Durchschlagskraft: Physiologische Effekte.

Die Spannung kann nun aber auch noch in anderer Weise schädliche Wirkungen herbeiführen. Je höher sie ist, desto leichter ist sie imstande, ein isolierendes Zwischenmittel zu durchschlagen, indem sie in Gestalt von Funken einen Ausgleich der Spannungsdifferenz herbeizuführen und diesen auf dem bequemeren Wege durch die Luft oder das Isolationsmaterial hindurch bezw. unter Umgehung des letzteren auf der Funkenstrecke sich zu schaffen sucht. Zur Beurteilung der Durchschlagskraft möge die Angabe dienen, daß eine Wechselstromspannung von ca. 5000 Volt eine Schlagweite von ca. 2,5 mm in der Luft erzeugen kann, bei Zwischenlage einer Glimmerscheibe von 5 cm Durchmesser nach Beobachtungen von Steinmetz [2] dagegen 1,18 mm Funkenlänge bewirkt. Rechnet man rund 2100 Volt pro 1 mm Funkenlänge, so würde zu einer Funkenschlagweite von 18,4 m in der Luft eine Spannungsdifferenz von ca. 30 Millionen Volt erforderlich sein (nach Steinmetz bei 1 km Funkenlänge nur ca. 9 Millionen Volt). Man kann sich hiernach ein ungefähres Bild von der furchtbaren disruptiven Gewalt atmosphärischer Entladungen machen, deren genaue Schätzung sich natürlich vollständig der Berechnung entzieht, deren verheerende Wirkungen aber einen schwachen Rückschluß auf die in vielen Millionen von Volt in den Blitzschlägen sich äußernden Spannungsdifferenzen gestatten.

Wenn nun auch aus der Funkenschlagweite annähernd auf die Höhe der Spannungsdifferenz geschlossen werden kann, so ist doch nicht dieser Punkt allein für die Größe des physiologischen Effektes d. h. für die Einwirkung auf den menschlichen Körper bestimmend. Es könnte ja z. B. mit Recht die Frage aufgeworfen werden, weshalb die Berührung der Elektroden eines Funkeninduktors, in welchem z. B. bei Funkenlängen von mehreren Centimetern viele tausende von Volt Potentialdifferenz auftreten, schwerlich den Tod eines Menschen zur Folge haben kann, während doch schon die Berührung der Pole einer Wechselstrommaschine oder eines Transformators von ca. 1500 Volt Spannung trotz der hierbei nur sehr geringen auftretenden Funkenschlagweite von kaum 1 mm den sofortigen Tod herbeiführt. – Die Wirkung auf den menschlichen Körper, welcher einen allerdings innerhalb sehr weiter Grenzen schwankenden Leitungswiderstand von mehreren tausend Ohm dem Strome darbietet, wird nicht allein durch die Spannung, sondern auch durch die bei diesem Prozeß den Körper durchfließende Stromintensität bedingt, mit anderen Worten hängt auch von der hierbei aufgewendeten elektrischen Leistung ab. — Es muß zur Erzielung eines bestimmten physiologischen Effektes eine gewisse Anzahl von Watt aufgewendet werden, es muß daher die Stromquelle auch imstande sein, diese Arbeit zu liefern.

Benutzt man, wie üblich, zum Betriebe der kleineren, sog. Ruhmkorff'schen Funkeninduktionsapparate eine Batterie von (z. B. bei großen Induktoren) 5 Bunsenelementen, so kann man mit diesem Induktionsapparat zwar eine außerordentlich hohe Spannung von vielen tausenden von Volt in Form von mehrere Centimeter langen Funken erzielen, jedoch ist die Stromstärke dieser Funkenbahn eine ganz minimale und somit auch die hierbei geleistete Arbeit relativ sehr gering.

Es würden bei dem genannten Beispiel von der Bunsenbatterie unter Annahme einer Stromstärke von 5 Ampère bei 1,8 Volt Spannung für jedes der 5 hintereinander geschalteten Elemente in der Primärwickelung des Induktors ca. $5 \times 1,8 \times 5 = 45$ Volt $\times$ Ampère $= 45$ Watt verbraucht werden können, mithin selbst unter Annahme eines hohen Wirkungsgrades der Transformation in der Sekundärspule höchstens ein Effekt von ca. 40 Watt, also weniger als $^1/_{18}$ Pferdekraft an Arbeit geleistet werden können.

Dahingegen kommen bei einem von einer Dynamomaschine gelieferten Wechselstrome wohl stets ungleich höhere Arbeitsleistungen zur Wirkung. — Auch das Aussehen einer Funkenerscheinung bei solchen starken, durch Maschinen gelieferten Strömen ist ein ganz anderes als bei den genannten Laboratoriumsinduktoren mit Batteriebetrieb.

Ebensowenig sind die Energiemengen, welche in Gestalt von statischer Elektricität durch Reibungs- oder Influenzelekrisiermaschinen erzeugt und z. B. in Leydener-Flaschen zur Entladung gebracht werden, trotz der außerordentlich großen, hierbei auftretenden Funkenlängen in ihrer Größe mit den Arbeitsmengen zu vergleichen, welche mit einer Wechselstromanlage in der Regel disponibel sind. Schon eine einfache Ueberlegung genügt, um zu verstehen, daß die von großen Dampfmaschinen oder anderen Motoren durch Dynamos in elektrische Energie umgesetzten bedeutenden Arbeitsleistungen garnicht mit den durch Hand betriebenen Elektrisiermaschinen oder durch wenige Elemente erregten Induktionsapparaten zu vergleichen sind.

Die Einwirkungen elektrischer Starkströme auf den tierischen Organismus sind kürzlich von Kratter[3] zum Gegenstande eingehender experimenteller Untersuchungen gemacht worden. Direkte Veranlassung hierzu gab ein im Mai 1894 in Innsbruck durch Berührung einer Hochspannungsluftleitung vorgekommener Todesfall. Kratter benutzte Wechselstrom (primär und transformiert) von 1600—2000 Volt Spannung, welcher von dem Elektricitätswerk der Stadt Innsbruck entnommen wurde und beobachtete dessen Einwirkungen auf Versuchstiere (weiße Mäuse, Kaninchen, Meerschweinchen, Katzen, Hunde). Die Ergebnisse waren folgende: der Tod trat selbst bei diesen hohen — 1500—3000 Volt betragenden — Spannungen — dieselben entsprechen der Stärke der in Amerika zu Hinrichtungen angewendeten Spannungen — bei den Versuchstieren nicht in allen Fällen sicher ein. Der Verlauf ist in den meisten Fällen der, daß eine plötzliche Hemmung der Atmung bei den Tieren durch den elektrischen Strom eintritt (primärer Respirationsstillstand), welche manchmal den definitiven Tod durch Erstickung (Asphyxie) zur Folge hat; Herzstillstand (Tod) tritt in der

Regel erst ein, nachdem der Respirationsstillstand länger als ca. 2 Minuten gedauert hatte. Häufig aber beginnt das Tier wieder zu atmen und erholt sich bald wieder vollständig. Es scheint die Gefährlichkeit der Wirkung um so größer zu sein, je höher das Gehirn der betr. Tierspecies entwickelt ist, daher ist die Wirkung auf Menschen schon fast ausschließlich tödlich, wenn sie z. B. bei Kaninchen selbst bei Anliegen der Elektroden am Kopfe noch nicht unbedingt den Tod herbeiführt. — In manchen Fällen tritt der Tod blitzähnlich durch augenblickliche Hemmung der Herzthätigkeit ein. Anatomische Veränderungen waren in keinem Falle erkennbar; in einzelnen Fällen kommt es zu Zerreißungen der Blutgefäße und es erfolgt erst nach vielen Stunden der Tod durch Hirndruck; an den Kontaktstellen treten eigentümliche Verbrennungen auf, und Blutungen bezeichnen den Weg, den der Strom durch den Körper genommen hat. — Von besonderem Interesse sind auch die Beobachtungen von D'Arsonval[4] in Paris gelegentlich eines in St. Denis vorgekommenen Unfalles. Hier hatte ein Arbeiter, auf dem Querholz einer die 3 Hochspannungsleitungen tragenden Stütze sitzend, in der Absicht, einen Telegraphendraht zu befestigen, mit der Hand einen Leiter angefaßt. Der Strom von 4500 Volt Spannung und 55 Wechseln per Sekunde hatte mehrere Minuten lang bis zum Abstellen der Maschine (da in der Station der Kurzschluß am Ampèremeter und Elektrometer bemerkt wurde), den Körper passiert, indem er von der Leitung in die Hand ein- und am Gesäß zur Erde hin austrat. Der Mann gab kein Lebenszeichen von sich und es war mehr als eine halbe Stunde vergangen, bis er mit vieler Mühe von seinem Sitze heruntergeholt war. Hierauf wurde (wie es neuerdings auch von der Pariser Akademie empfohlen worden ist), ähnlich wie es bei scheinbar Ertrunkenen geschieht, durch abwechselndes Auf- und Abwärtsbewegen seiner Arme in bekannter Weise versucht, die Lungenthätigkeit zu erwecken, aber ohne Erfolg. Erst als man gewaltsam den Mund öffnete und abwechselnd an der Zunge zog, um die Atmung wieder in Gang zu bringen, begannen die Lungen ihre Thätigkeit, und der Mann erlangte nach zwei Stunden die Sprache wieder. An der rechten Hand und am Gesäß, also den Stromeintritts- bezw. Austrittsstellen hatte er geringfügige Brandwunden, sonst aber keinen Schaden erlitten. D'Arsonval glaubt nach diesem und ähnlichen Fällen, daß die durch starke elektrische Ströme hervorgerufene Wirkung meistens nur Scheintod sei, hält daher die elektrische Hinrichtung in Amerika für sehr bedenklich und erachtet die Einwirkung hochgespannter Ströme durchaus nicht für so unbedingt todbringend, wie allgemein bisher angenommen wurde. —

Wir haben schon früher erwähnt, daß die Durchschlagskraft der Funken sehr wesentlich von der Wahl des Isolationsmaterials abhängt, und daß mithin hierauf bei elektrischen Anlagen, welche mit sehr hoher Spannung betrieben werden, ein Hauptaugenmerk zu richten ist. — Sobald aber an irgend einer Stelle, z. B. an einem Straßenkabel, der Isolationsmantel durchschlagen ist, ist dem Stromübergang zur Erde bezw. durch diese hindurch zum anderen, ebenfalls mit der Erde in Berührung befindlichen Pole durch diese minimale und mit dem Auge kaum sichtbare Oeffnung hindurch ein Nebenweg geschaffen. Abgesehen davon, daß von diesem Moment ab jede Berührung dieser Leitungsstelle mit Gefahr verbunden sein kann, kann sehr bald diese anfangs verschwindend kleine Fehlerstelle die verhängnisvollsten

Folgen nach sich ziehen. Die sofort durch die Leckstelle des Kabels eintretende Feuchtigkeit hat einen oft in kurzer Zeit rapide anwachsenden Stromübergang an dieser Stelle zur Folge, welcher sich in bedeutenden thermischen Effekten äußert und den Herd eines Brandes bilden kann.

c) Funkengefahren.

Noch schlimmer würde ein solcher Fehler in Räumen wirken, welche mit explosiven Gasen oder Gasgemischen angefüllt sind. Der geringste Funke kann hier eine Explosion herbeiführen. Es handelt sich hier nicht allein um die größeren Funkenentladungen, wie sie durch hochgespannte Ströme erzeugt werden, sondern auch schon die kleinen Unterbrechungsfunken und Lichtbögen, welche an den gewöhnlichen Ausschaltern, Umschaltern oder Regulierapparaten, ja schon an den Hahnfassungen der Glühlampen bei den geringen in Häusern vorkommenden Spannungen entstehen können, müssen in explosionsgefährlichen Räumen besonders beachtet, und in ähnlicher Weise muß auch jede andere Feuersgefahr durch solche Unterbrechungsflammen ausgeschlossen werden. — Auf diese und andere spezielle Sicherheitsvorschriften kommen wir später noch näher zu sprechen.

d) Wahl der Betriebsspannung. Oekonomie der Anlage.

Es möge hier kurz erwähnt werden, daß die Wahl der Betriebsspannung in erster Linie durch Rücksichten auf die Anlage- und Betriebskosten bestimmt wird. Man würde ja in einfachster Weise jede Lebensgefahr bei elektrischen Anlagen durch die Benutzung nur niedrig gespannter elektrischer Ströme ausschließen können, wie ja z. B. auch in den Häusern selbst nur ganz ungefährliche Spannungen von selten mehr als ca. 200 Volt zur Verwendung kommen. Bei Centralanlagen jedoch würden, sobald es sich um die Versorgung eines größeren Gebietes von z. B. mehreren Kilometer Längenausdehnung handelt, die Kosten der Fortleitung und Verteilung der Ströme so außerordentlich hoch ausfallen, wenn man nur niedrige Spannungen anwenden wollte, daß dadurch die Rentabilität des ganzeu Unternehmens in Frage gestellt würde. Da sich nämlich bei der Fortleitung eines elektrischen Stromes in einem Drahte ein Teil der Energie in Wärme umsetzt und somit von der nutzbaren Arbeit verloren geht, so muß man, um einen genügend guten Wirkungsgrad zu erhalten, diesen Effektverlust möglichst klein zu gestalten suchen. Arbeitet man nun mit relativ niedrigen Spannungen, und handelt es sich um große Arbeitsleistungen, also um die Versorgung vieler Lampen und ferner um ein ausgedehntes Beleuchtungsgebiet, so müßte man an und für sich schon sehr starke Kupferquerschnitte in den Kabelleitungen verwenden, um eine zu große Erhitzung derselben durch die großen Stromstärken zu verhüten, und ferner würde dieser Aufwand an Leitungsmaterial bezw. an Kupfer noch um so bedeutender sein müssen, um den Spannungsabfall, d. h. also den schädlichen Verlust möglichst zu vermindern.

Es handle sich z. B. um die Ausnutzung einer Wasserkraft von 1000 eff. Pferdestärken, welche 2 km von der mit Licht und Kraft zu versorgenden Stadt entfernt liege. Würde man hier eine Spannung von 200 Volt bei den Betriebsdynamos erzeugen wollen, so würde dies unter Berücksichtigung der üblichen Verluste eine Stromstärke von ca. 3300 Ampère bedingen. Wollte man diese Stromstärke 2 km weit transportieren, so müßten die Leitungen bei dieser Länge einen Kupferquerschnitt von mindestens 3000 qmm besitzen, damit die Erwärmung keine zu große ist. Da ein solcher 2 km langer Leitungsstrang einen Leitungswiderstand von $\frac{1}{85}$ Ohm dem Strom darböte, so würde ein Spannungsabfall von $\frac{1}{85} \times 3300 =$ ca. 41 Volt in demselben auftreten, was einem Effektverlust von $41 \times 3300 = 135\,300$ Watt = ca. 205 Pferdestärken entspräche. Mithin gehen trotz der äußerst kostspieligen starken Leitung noch mehr als 20 Proz. der Gesamtleistung auf dem Transporte verloren. Würde man aber in diesem Falle statt der allerdings ganz ungefährlichen niedrigen Spannung nun eine zehnmal höhere, also 2000 Volt anwenden, so wäre damit nur noch eine Betriebsstromstärke von ca. 330 Ampère verbunden, man brauchte hierfür zur Fortleitung nur noch eine mindestens zehnmal schwächere Leitung von demnach ca. 300 qmm Querschnitt.

Die Kosten der Anlagen würden sich demnach, was den Kupferaufwand im Leitungsnetze betrifft, auf den zehnten Teil reduzieren, wenn man mit demselben Arbeitsverlust von 20 Proz., wie vorher arbeiten wollte. Mit einer doppelt so starken, aber doch noch mehr als fünfmal schwächeren Leitung gegenüber dem ersten Fall würde trotz des nur noch halb so großen Effektverlustes (10 Proz.) doch noch eine bedeutende Ersparnis an den Anlagekosten erreicht werden.

Wie man sieht, zwingt also die Frage der Rentabilität zur Anwendung höherer Spannungen. Angesichts der außerordentlichen Vorteile, deren insbesondere bei Ausbeutung sonst schwer nutzbarer Wasser- oder anderer Naturkräfte große Distrikte und weite Schichten der Bevölkerung durch die billige Lieferung elektrischen Lichts und elektrischer Kraft teilhaftig werden können, wird man auch die bei zweckentsprechenden Vorsichtsmaßregeln kaum noch bedenklichen Gefahren so hoher Spannungen gern mit in Kauf nehmen können.

Es geht aus dem Gesagten hervor, daß bei elektrischen Leistungen, die sich also als ein Produkt aus Stromstärke und Spannung darstellen, die passende Wahl beider voneinander abhängigen Größen ein Moment von der größten kommerziellen Bedeutung ist.

e) Wahl des Stromsystems.

Aber nicht dieser Punkt allein kommt in Betracht, sondern das System der Verteilung muß auch noch weiteren technischen Hauptforderungen genügen können. Jedes der beiden Stromsysteme, Wechselstrom und Gleichstrom, bietet nun verschiedene Vorteile dar.

Der Gleichstrom besitzt die Fähigkeit, sich ohne weiteres aufspeichern zu lassen, indem man eine Akkumulatorenbatterie, welche aus einer der Betriebsspannung entsprechenden Zahl hintereinander geschalteter Zersetzungszellen gebildet ist, in der Centralstation z. B. zwischen die beiden Pole schaltet und mit dem am Tage überschüssigen

Strome ladet, während diese Batterie abends wiederum die Dynamomaschinen in der Stromlieferung unterstützen kann.

Oder aber, man speichert in der Regel abends, wo die Dynamos ohnehin arbeiten müssen, den Strom in den Akkumulatoren auf und kann unter Umständen alsdann während der Tagesstunden mit ihrem geringeren Konsum die sonst schlecht ausgenutzte Maschinenanlage ganz ruhen lassen und die Lichtlieferung nur durch die keiner besonderen Bedienung bedürfende Batterie besorgen. Abgesehen davon, daß eine Akkumulatorenbatterie in Parallelschaltung zu dem Verteilungsnetz eine außerordentlich dämpfende und beruhigende Wirkung für die Betriebsspannung mit den vielerlei Schwankungen ausübt, ferner bei Versagen der Maschinen infolge besonderer Umstände, Unfälle u. dgl. eine absolut zuverlässige und jederzeit bereite Reserve und Sicherheit darbietet, ist die Anwendung von Akkumulatoren auch, wie ersichtlich, aus wirtschaftlichen Gründen zur einigermaßen rationellen Kraftausnutzung von einschneidender Wichtigkeit. Dieselbe wird daher in kaum einer modernen Gleichstrom-Centralanlage fehlen.

Wenn nun dieser Vorteil der Akkumulatorenbenutzung bei Wechselstromanlagen nicht geboten wird, so hat dafür der Wechselstrom andererseits gegenüber dem Gleichstrom den Vorzug der bequemsten Transformierbarkeit, d. h. der Umwandlungsfähigkeit aus hoher Spannung in niedrige und umgekehrt. Es geschieht dies mittels Transformatoren, welche im Prinzip den bekannten ärztlichen bezw. den Funken-Induktionsapparaten entsprechen und im wesentlichen aus zwei einen Eisenkern umschließenden gesonderten Spulen gebildet sind.

Der z. B. bis zum Ende einer Fernleitung mit sehr hoher Spannung bei geringer Stromstärke von der Centrale aus gelieferte Wechselstrom wird hier also am Konsumorte in die aus sehr vielen Windungen dünnen Drahtes gebildete Primärspule eines Transformators geleitet und wirkt nun induzierend auf die sekundäre Wickelung ein, welche aus wenigen Lagen dickeren Drahtes gewunden ist. Auf diese Weise entsteht z. B. am Verbrauchsorte ein Strom von niedriger Spannung und dafür um so größerer Quantität.

Wenn z. B. der von der entfernten Centrale durch die lange dünne Fernleitung entsandte Primärstrom mit einer Spannung von 2000 Volt bei 20 Ampère Stromstärke bis zum Verbrauchsorte entsandt wurde, so würde — von dem nur wenige Prozent betragenden Transformationsverluste abgesehen — bei einer Transformation 1 : 20 ein sekundärer Strom von nahezu 400 Ampère bei 100 Volt Betriebsspannung erzeugt werden, welcher demnach absolut ungefährlich ist und bei der üblichen Parallelschaltung zur Speisung von ca. 800 Glühlampen von je 16 Kerzen Helligkeit ausreicht.

Aus diesem Grunde wird bei Ferntransmissionen vorzugsweise Wechselstrom benutzt, da die Umwandlung hoher Spannungen in niedrigere und umgekehrt bei Gleichstrom nur schwieriger und viel unökonomischer ausführbar wäre. Die Umformung hätte dann mittels sogen. Motordynamos, d. h. mit Elektromotoren gekuppelter Dynamomaschinen statt der so überaus bequemen und wirtschaftlichen, ohne bewegliche Organe arbeitenden Wechselstrom-Transformatoren zu geschehen. —

Die großartigste Kraftübertragung der Welt wird die in kurzer Zeit vollendete Ausnutzung der Wasserkräfte der Niagara-Fälle darstellen. Es handelt sich hier um die Uebertragung von ca. 120000 Pferdestärken bis auf Entfernungen von über 500 Kilometer. Nach den Projektberechnungen von Houston & Kenelly[5] dürfte die Anwendung dreiphasigen Wechselstroms mit einer Betriebsmaximalspannung von 50000 Volt bei 40 Wechseln pro Sekunde sich als rationell und technisch noch unbedenklich ausführbar empfehlen. Bei dieser Maximalspannung würde die elektromotorische Kraft (mit Rücksicht auf den wellenförmigen Verlauf des Stromes) ca. 35000 Volt und ca. 20000 Volt zwischen jedem Leiter und dem neutralen Punkte betragen. — Als Leitungssystem würden Luftleitungen auf Oelisolatoren und streckenweise ev. Kabel in unterirdischen, mit Luft oder Oel gefüllten Röhren oder begehbare tunnelartige Kanäle, in denen die blanken Leitungen auf Isolatoren ruhen, in Frage kommen. — Nach den Berechnungen stellt sich bis zu einem Umkreise von über 300 km Entfernung der Preis pro Pferdekraft und Jahr bei ununterbrochenem Betriebe auf ca. 90 Mk., sodaß die elektrische Ferntransmission von dieser Wasserkraft der Niagarafälle aus selbst bis New York hin noch mit den besten lokal betriebenen Dampfmaschinen konkurrieren könnte.

f) Schaltungsarten.

Es möge an dieser Stelle auch gleich die Frage der Schaltungssysteme kurz erörtert werden. Man unterscheidet im wesentlichen Serien- oder Hintereinanderschaltung und Parallel- oder Nebeneinanderschaltung oder endlich Kombinationen beider Arten. Die Serienschaltung wird seltener angewendet; wenn man auch hiermit gegenüber der Parallelschaltung infolge der einfachen Verbindung der Organe eine erhebliche Ersparnis an Leitungsmaterial erreichen kann, so ist es doch wiederum nur sehr schwer möglich, die einzelnen Teile der Serie voneinander vollständig unabhängig zu machen. Es würde also z. B. bei 20 in Serie zwischen 1000 Volt geschalteten 50-Volt-Glühlampen das Erlöschen einer derselben, falls nicht besondere immerhin wohl nicht absolut zuverlässige Kurzschlußvorrichtungen an jeder Lampe angebracht sind, gleichzeitig das Ausgehen aller anderen Lampen der Reihe zufolge haben.

Ebenso würde eine Unterbrechung der einfachen Verbindungsleitung an irgend einer Stelle, z. B. zwischen zwei Lampen, den ganzen Kreis stromlos machen. Nur bei Bogenlampen wendet man häufiger die Reihenschaltung an, da bei diesen die Spulen und der Mechanismus ein selbstthätiges Unabhängigmachen der Lampen voneinander gestatten, und ferner der Serienbetrieb auch in anderer Hinsicht hierbei gewisse Vorteile mit sich bringt. Es ist wohl ohne weiteres klar, daß es bei Reihenschaltung vor allem auf die Innehaltung einer konstanten Stromstärke ankommt, und daß der Hauptvorteil hierbei in wirtschaftlicher Hinsicht auf der Ersparnis von Leitungsmaterial beruht, während andererseits die Anwendung meist hoher Spannungen mit den damit verbundenen Gefahren bei diesem System in vielen Fällen Unannehmlichkeiten mit sich bringt.

Weitaus verbreiteter ist hingegen die Parallelschaltung, bei welcher die Polspannung nur der üblichen niederen Gebrauchsspannung entspricht, während die Stromstärke in der Hauptleitung bezw. von den Maschinen-

polen aus gleich der Summe der einzelnen Verbrauchsströme geliefert werden muß.

Bei einer Parallelschaltungsanlage von z. B. 1000 parallel nebeneinander zwischen die + und — Leitung geschalteten Glühlampen, von denen jede bei 16 Kerzen Helligkeit eine Stromstärke von $^1/_2$ Ampère bei 100 Volt gebraucht, würde mithin die Hauptleitung einen Gesamtstrom von 500 Ampère mit der allerdings ganz ungefährlichen Spannung von ca. 100 Volt zu transportieren haben. Bei dieser Anlage würde, wie ersichtlich, zur gleichmäßigen Helligkeit der Lampen eine genaue Konstanthaltung der Betriebsspannung erforderlich sein, während die Stromstärke mit der Zahl der gleichzeitig brennenden Lampen wechselt. Es verhält sich also das Parallelsystem gerade umgekehrt wie die Serienschaltung, und es bietet dieses System vor allem die größte Betriebssicherheit dar, indem ein Fehler oder ein Erlöschen einer Lampe die übrigen gar nicht alteriert, und ferner ein Fehler oder eine Unterbrechung in einer der einzelnen Lampenzweigleitungen den Gesamtbetrieb kaum zu stören vermag. — Dieses Parallelschaltungssystem kommt für allgemeine elektrische Anlagen wohl allein in Betracht, gleichviel ob man im übrigen mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom arbeitet. Es ist somit aus dem Vorhergehenden klar, daß das Hauptaugenmerk eines guten und sicheren Betriebes auf die genaue Kontrolle und Innehaltung einer gleichbleibenden Spannung gerichtet sein muß.

g) Einfluß der Spannung auf die Güte des Lichtes u. s. w.[*]

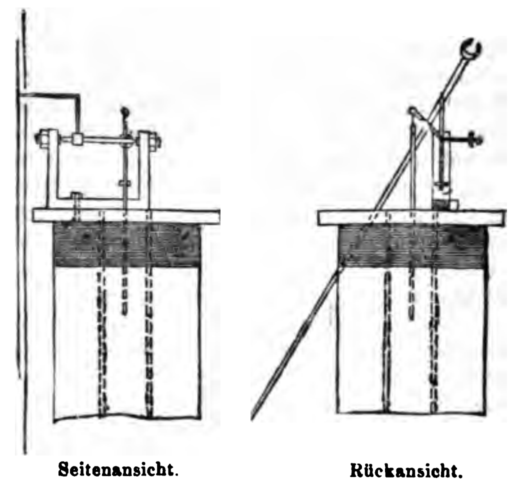
Eine jede Spannungsschwankung durch unruhigen Gang der Maschinen, durch fehlerhafte Regulierung, durch Fehler in den Stromerzeugern, durch Kurzschlüsse, Erdschlüsse u. s. w. hat sofort ein Zucken des Lichtes zu Folge; auch diese Uuregelmäßigkeiten können durch Anwendung von Akkulumatoren bedeutend herabgemindert, wenn nicht fast ganz unmerkbar gemacht werden. Eine zu hohe Betriebsspannung (z. B. entstanden durch Unaufmerksamkeit des Bedienungspersonals, Störungen an Maschinen u. s. w.) würde eine übermäßige Helligkeit des Lichtes (Bläulichglühen) und unter Umständen ein Springen des Kohlenfadens und ev. der Lampe zur Folge haben, fast stets aber die Lebensdauer der Glühlampen, welche unter normalen Verhältnissen in der Regel über 800 Stunden Brenndauer aushalten, stark herabmindern. Eine auch nur um wenige Volt zu geringe Lampenspannung hingegen würde sich durch eine nicht unbeträchtliche Verminderung der Helligkeit sofort unangenehm bemerkbar machen (die Lichtstärke der Glühlampen ist ziemlich genau der 6. Potenz der Spannung bezw. des Stromes proportional). — Bei einer z. B. um 5 Proz. zu geringen Spannung betrüge die Helligkeitsverminderung schon ca. 27 Proz.

h) Spannungsmessung.

Aus allen diesen Umständen, welchen mithin auch zahlreiche hygienische Rücksichten zu Grunde liegen, erhellt demnach, daß eines der wichtigsten Instrumente in elektrischen Anlagen der Spannungsmeßapparat sein muß. Zur Kontrolle der Spannung kann man nun die verschiedenen Wirkungen des elektrischen Stromes benutzen; so beruht auf den Wärmeeffekten der elektrothermische Spannungsmesser, bei welchem die Längenausdehnung eines je nach der Stromstärke ver-

schieden stark erhitzten dünnen Drahtes an einer Skalenteilung abgelesen werden kann; das Elektrometer wiederum basiert auf der ablenkenden Wirkung, welche zwei durch die elektrische Spannung geladene Körper aufeinander ausüben, und dient vornehmlich zur Messung sehr hoher Potentiale von z. B. mehreren Tausenden von Volt.

Am meisten verbreitet sind die elektromagnetischen Spannungsmesser, welche auf der anziehenden oder abstoßenden Wirkung einer durch die zu messende Spannung elektromagnetisch erregten Spule bezw. eines Elektromagneten auf einen Eisenkörper oder dgl. beruhen. Aus der großen Zahl der im Handel vorkommenden Voltmeter geben wir in der Figur 1 als Beispiel die Konstruktion der Allgem. Elektrizitäts - Gesellschaft wieder.



Seitenansicht. Rückansicht.

Fig. 1. Voltmeter.

Das Instrument ist in Seiten- und Rückansicht schematisch dargestellt. Die innen hohle Spule ist aus sehr vielen Windungen dünnen Drahtes, z. B. bei 100 Volt-Instrumenten Kupfer- und Nickelindraht von 0,2—0,3 mm Durchmesser, gewickelt. In den Hohlraum der Spule taucht ein ca. $^1/_2$ mm dicker Eisenfaden ungefähr zur Hälfte ein. Dieser Eisenfaden bildet den beweglichen Anker, der durch die Spannung elektromagnetisch erregten Spule. Die letztere besitzt für ca. 100 Volt Spannung bei den marktgängigen Voltmeteren einen Widerstand von ca. 2000—4000 Ohm, wird also bei voller Spannung von einer Stromstärke von $\frac{100}{2000 \text{ bis } 4000} = \frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{40}$ Ampère durchflossen. Der Eisenfaden ist in einem kleinen Loche an dem schräg stehenden Hebelarm der in ihren Lagern leicht beweglichen Achse aufgehängt. Als Gegengewichte und zur Einregulierung dienen die Regulierschrauben. Mit der Achse ist ein leichter Zeiger (aus Aluminium) verbunden, welcher sich vor einer Skalenteilung bewegt und, je nachdem der Eisenanker der Spannung entsprechend verschieden tief in die Spule durch elektromagnetische Kraft hineingezogen wird, die entsprechende Größe der Spannung an der Skala anzeigt.

1) *Bericht über die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a./M.* 1891, *Frankfurt, Sauerländer.*
2) **Steinmetz**, *Elektrotechn. Zeitschr., Berlin* (1893) 249.
Mascart u. Joubert, 2. *Bd.* 187.
3) **Kratter**, *Elektr. Zeitschr., Berlin* (1894) 361.
4) **d'Arsonval**, *Elektr. Zeitschr., Berlin* (1894) 362.
5) **Houston u. Kenelly**, *Electrical Engineer New York* (1894) 2. *Mai.*
6) **H. F. Weber**, *Bericht über den internat. elektr. Kongreſs zu Frankfurt a./M.* 2. *Bd.* 49.
Uppenborn, *Kalender für Elektrotechniker* (1894) 230.

§ 10. Einfluss der Stromstärke.

Haben wir uns im letzten Abschnitt mit den allgemeinen Gesichtspunkten beschäftigt, welche bei der Wahl der Spannungsgröße einer elektrischen Anlage maßgebend sind, und dabei insbesondere auch die Bedeutung und den Einfluß der Spannung in hygienischer, sicherheitstechnischer und wirtschaftlicher Hinsicht erörtert, so wollen wir nunmehr in analoger Weise die zweite Hauptgröße, nämlich die Wirkungen der Stromstärke, einer Betrachtung unterwerfen. Beide Faktoren, Strom und Spannung, hängen in der Beurteilung, wie schon öfters betont, so eng miteinander zusammen, und sind in ihren Eigenschaften im großen und ganzen fast nur quantitativ hinsichtlich ihrer Kraftäußerungen untereinander abweichend, sodaß die meisten vorher aufgeführten Punkte fast ohne weiteres auch für die Beurteilung der Stromstärkewirkungen gelten können.

Dieser innige Zusammenhang zwischen Strom und Spannung geht ja schon aus den beiden Hauptgesetzen hervor, wonach einerseits die Stromstärke gleich dem Quotienten aus Spannung und Widerstand (bezw. Isolation) ist und andererseits die elektrische Leistung dem Produkte aus Spannung und Stromstärke entspricht.

a) Strommessung.

Auch für die Messung des Stromes bedient man sich im wesentlichen derselben Wirkungen, welche der Konstruktion der Voltmeter, wie gezeigt, zu Grunde gelegt werden. Nur die elektrostatischen Erscheinungen kommen hierbei weniger in Betracht, während die Wärmeeffekte wiederum von größerer Bedeutung sind. In der Regel beruht das Prinzip der Strommesser wie dasjenige der Voltmeter auf den elektromagnetischen Wirkungen des Stromes, d. h. man benutzt hierbei die ablenkende Kraft, welche eine von dem zu messenden Strome durchflossene Spule auf einen Eisenanker oder Magneten ausübt. Als Beispiel eines solchen Ampèremeters diene die in Fig. 2 dargestellte Konstruktion von Hartmann & Braun in Bockenheim.



Fig. 2. Ampèremeter.

Die von dem zu messenden Strome durchflossene Spule besteht aus wenigen Windungen dicken Drahtes. Die Drahtdicke hängt von der Größe der Stromstärke ab, für welche das Ampèremeter noch dienen soll; bei Strömen von z. B. 1000 Ampère verwendet man daher starke Kupferschienen als Wickelung; es genügen alsdann in der Regel eine einzige oder ein paar

Windungen. Das abgebildete Ampèremeter ist z. B. für 20 Ampère eingerichtet. Die Wickelung besteht aus 2 hintereinander angeordneten Spulen, zwischen denen genügend Raum für einen wenige Millimeter breiten Ring aus dünnem Eisenblech ist. Dieser Eisenblechring bildet den Anker der elektromagnetisch erregten Spulen; er ist an der excentrisch durch den Hohlraum der Spulen hindurchreichenden Achse befestigt und steht, solange kein Strom durch die Spulen fließt, exzentrisch mit seiner Oeffnung zur Höhlung der Spulen. Je stärker der Strom ist, desto mehr suchen die Spulen den Ring mit seiner Oeffnung konzentrisch zu ihrer eigenen Mittelachse zu richten, sodaß also die Oeffnungen von Ring und Spulen sich zu überdecken suchen. Dabei wird die Achse entsprechend der Stromintensität um verschieden große Winkel gedreht, und der an der Achse sitzende Zeiger läßt die Stromstärke an der Ampère-Skala erkennen.

b) Wert der Stromstärkemessung.

Wenn in der Regel die genaue Kontrolle der Stromstärke in einer elektrischen Anlage auch nicht gerade für die Gleichmäßigkeit und Güte des Lichts von so großer Wichtigkeit ist wie die peinliche Beobachtung der Betriebsspannung, so ist ihre Kenntnis doch von Wert, um insbesondere bei Centralanlagen daraus die Zahl der gleichzeitig brennenden Lampen oder mit Strom zu versorgenden Motoren, sowie die Art der Verteilung des Stromes in den einzelnen Haupt- und Nebenleitungen zu erkennen und vor allem auch die Ausnutzung und Beanspruchung der Maschinen und Leitungsanlage, mithin auch die erzeugte und nutzbar abgegebene Energiemenge, also die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage prüfen zu können.

c) Einfluß der Stromdichte auf die Feuersicherheit.

In erster Linie kommen die sicherheitstechnischen Gründe bei den Rücksichten auf die Größe der Stromstärke in Betracht, vor allem die Frage der Feuersicherheit der Anlage. Wir haben schon gesehen, daß die bei der Fortleitung elektrischer Ströme im Drahte verzehrte Energie sich in Wärme umsetzt und so die Temperatur der Leitung erhöht. Es muß mithin zur Vermeidung von Brandgefahren eine zu große Temperaturerhöhung des Drahtes verhütet, d. h. die Abkühlungsfläche (also der Querschnitt bezw. die Länge) desselben so bemessen werden, daß diese Erhitzung noch nicht schädlich wirken kann. Aus den früher erwähnten Grundgesetzen geht hervor, daß der Effektverlust bei der Fortleitung elektrischer Ströme durch im übrigen gleich lange und gleich starke Drähte, mithin die Erhitzung um so größer wird, je schlechter leitend das Drahtmaterial ist. Außer aus wirtschaftlichen Gründen benutzt man daher auch dieserhalb möglichst gut leitende Metalle, fast ausschließlich Kupferleiter. Als Regel gilt im allgemeinen, daß man bei geringeren Stromstärken, z. B. bis 50 Ampère, $2^1/_2$—4 Ampère auf 1 qmm Kupferquerschnitt, bei höheren Stromstärken immer weniger, so z. B. bei 1000 Ampère nur noch eine *Stromdichte* von 1 Ampère pro 1 qmm Querschnitt rechnet. Bei einfach verlegten Leitungen würde bei dieser Bemessung eine Temperaturerhöhung[1] über die Umgebung von nur ca. 20° C auftreten. Würde man ein Material von höherem

spezifischen Widerstande, z. B. Eisen- oder Nickelindrähte, anwenden, so würde bei solcher Querschnittbemessung eine um ein Vielfaches höhere Erwärmung eintreten; man müßte also größere Querschnitte verwenden oder die abkühlende Mantelfläche durch Verwendung mehrerer parallel geschalteter Drähte oder flacher Profile (Blechstreifen, Drahtgaze oder dgl.) erhöhen.

Im übrigen ist die Erhitzung der Leitungen vor allem je nach der Dicke und Qualität der Isolation und nach der Art der Verlegung verschieden, sodaß auf Grund der Erfahrungen sich nach diesen Punkten auch die Querschnittsbemessung richtet.

Insbesondere ist mit Rücksicht auf die Erwärmung die Kontaktstelle am Verbindungspunkte mehrerer Leitungen oder beim Anschluß der Leitungsenden an Apparate oder Montageteile so groß und mit so inniger metallischer Berührung zu gestalten, daß der Uebergangswiderstand an diesen Stellen und damit der durch Temperaturerhöhung an diesen Punkten sich äußernde Effektverlust möglichst gering ausfällt.

Wenn an einer Stelle der Leitung oder an einem Schalter dieser Kontakt zu schlecht ist, so bewirkt die an diesen Punkten auftretende Erhitzung, abgesehen von der Brandgefahr, eine allmählich mehr und mehr zunehmende Verschlechterung der Stromübergangsstelle, welche sich natürlich durch Dunklerwerden der Lampen äußert, nach einiger Zeit infolge der an der defekten Kontaktstelle sich bildenden, wechselnden Lichtbögen und Unterbrechungsflammen ein zunehmendes Flackern des Lichtes zur Folge hat, bis schließlich mit dem vollständigen Ruin des Kontaktes eine völlige Unterbrechung der Stromzuführung und ein Erlöschen der Lampen eintritt.

d) Erdschlußstromstärke[2].

Auch wenn eine so rapide und schnell in die Erscheinung tretende schädliche Stromwirkung durch Erhitzung nicht zu befürchten ist, so kann doch auch infolge der elektrolytischen Stromwirkung ein Schaden erwachsen. Dieser Fall tritt insbesondere bei den in der Erde oder sonstiger feuchter Umgebung montierten Leitungen oder Apparaten ein, wenn z. B. einige, wenn auch anfangs verschwindend kleine Fehler der Isolation einen zwar nur minimalen Ausgleich der Spannung in Gestalt einer geringen Strombewegung durch das feuchte Medium hindurch bewirken. Es tritt hierbei eine zersetzende Wirkung des Stromes an den Ein- bezw. Austrittsstellen dieser — sagen wir — Erdströme auf, welche mit der Zeit eine immer zunehmende Vergrößerung der Leckstellen nach sich ziehen, bis schließlich die Stromstärke in dem umgebenden Medium sich zu einer von starker Erhitzung begleiteten Intensität gesteigert hat.

Es geht aus alledem hervor, daß die Wirkungen der Strombewegungen mit Rücksicht auf den wirtschaftlichen Effekt, auf die Erhaltung eines guten Zustandes der Anlage, also auf die Lebensdauer der einzelnen Teile und vor allem mit der Rücksicht auf die Feuersicherheit bei elektrischen Betrieben einen Gegenstand der höchsten Aufmerksamkeit bilden müssen.

1) **Kenelly**, *Electrical World New York* 14. *Bd.* 374.
Uppenborn, *Kalender u. s. w.* (1894) 106.
2) **Kallmann**, *Elektr. Zeitschr.* (1893) *Heft* 11 *und* 17.

§ 11. Einfluss der Isolation.

Es erübrigt nunmehr in diesem allgemeinen Teile unserer Darstellung nur noch die Besprechung der Bedeutung und des Wertes der Isolationsgröße bezw. der Widerstandsverhältnisse elektrischer Anlagen. Was zunächst die Größe des Fortleitungswiderstandes und die Kontrolle desselben betrifft, so sind die Hauptmomente hierfür schon berührt worden, da die hierdurch bedingten Erscheinungen beim Transport der Ströme sich äußern, also ein zu hoher Leitungswiderstand, eine mangelhafte Kontaktstelle u. dgl. sich durch die dadurch erzeugten Effektverluste, Verschlechterung oder Uuruhe des Lichtes, schädliche Wärmeentwickelung und Brandgefahr und endlich zersetzende Wirkungen sich bemerkbar machen.

Für die Isolation kommen noch einige weitere Gesichtspunkte in Frage, indem Fehler derselben einen Stromübergang durch die Erde, feuchtes Mauerwerk u. s. w. zur Folge haben, welcher als nutzlos verlorene Energie ebenfalls den wirtschaftlichen Wirkungsgrad der Anlagen herabdrückt.

a) Gefahr für Leben und Gesundheit.

Bei Hochspannungsanlagen würde an der Leckstelle auch eine Berührung des Kabels oder dgl. unter Umständen mit Lebensgefahr verbunden sein, da hier die isolierende Hülle keinen Schutz mehr gewährt. Die Polarität des betr. defekten stromführenden Teiles teilt sich dem ganzen umgebenden Medium mit und somit ist auch für eine auf der feuchten Erde an irgend einem anderen, von der Leckstelle entfernt gelegenen Punkte der Anlage stehende Person die bloße, sonst wohl unbedenkliche Berührung des anderen Poles mit Gefahr verknüpft. In diesem Falle bietet der zwischen den einen — selbst noch an sich gut isolierten — Pol und die den anderen Pol darstellende Erde geschaltete Körper einen geschlossenen Stromweg dar.

b) Isolationsfehler, Erdschlüsse.

In größeren Städten besitzt die „Erde“ aus dem Grunde einen relativ sehr geringen Leitungswiderstand, weil hier die große Menge der in den Straßen liegenden Gas-, Wasser-, Rohrpost- u. s. w. Röhren ein metallisch leitendes Netz von großem Querschnitte darstellt, das z. B. nach approximativen Messungen von Kallmann in Berlin in manchen Straßen der Leitungsfähigkeit eines ca. 66 qmm starken Kupferleiters entsprach.

Aus diesem Grunde bilden sich Isolationsfehler infolge des mit dem geringen Erdwiderstande verbundenen relativ starken Stromlaufes durch die Erde unter Umständen in kurzer Zeit zu so starken Erdschlüssen aus, daß abgesehen von den bedeutenden und mit der Höhe der Betriebsspannungen entsprechend intensiveren Energieverlusten die Gefahr unterirdischer Brände und der mit den elektrolytischen Wirkungen verbundenen Beschädigungen anderer Rohrleitungen besondere Vorsichtsmaßregeln erfordert.

Ueber diese selbst werden wir noch an späteren Stellen sprechen.

c) Wert der Gesamtisolation.

Wir haben auch endlich schon betont, daß die große Zahl der bei Centralanlagen an das Leitungsnetz angeschlossenen Hausinstallationen, selbst wenn diese an an für sich im einzelnen relativ höhere Isolationen aufweisen, in der Gesamtheit einen recht geringen Gesamtwiderstand gegen Erde repräsentiert. Da nun einmal mit diesem Werte der Gesamtisolation dauernd zu rechnen ist, und die hierdurch bedingten, z. B. bei feuchter Witterung oft noch erheblich vermehrten Stromverluste zu berücksichtigen sind, und ferner gerade die an und für sich schon schwer dauernd zu beobachtenden Installationen insbesondere in Anbetracht der vielfach unter dem Putz oder sonst verdeckt und kaum zugänglich verlegten Leitungen sich einer genauen Kontrolle während des Betriebes entziehen, so muß man schon aus diesen Gründen eine sorgfältige elektrische Prüfung dieser vielen Anlagen möglichst oft vornehmen.

Dazu kommt noch, daß die in der Regel der freien Konkurrenz überlassene Ausführung dieser Hausanlagen samt ihren vielen verschiedenartigen Beleuchtungskörpern u. s. w. aus Kostenrücksichten oft höheren Ansprüchen an Solidität nicht genügt, jede durch Fehler in solchen Anlagen entstehende Störung oder Kalamität jedoch das Werk selbst zu schädigen und zu diskreditieren geeignet ist.

d) Isolations-Kontrollinstrumente.

Ein Apparat zur bequemen Prüfung bei Abnahme einer Hausinstallation oder -leitung, deren Isolation einem bestimmten Minimalwert genügen muß, bildet demnach ein notwendiges Requisit elektrischer Betriebe. Wir geben im folgenden einige Konstruktionen viel benutzter Isolationsmeßinstrumente wieder, von welchen die in Fig. 3—5 dargestellte Methode zur Prüfung von außer Betrieb befindlichen (ausgeschalteten oder neu installierten) Anlagen oder Teilen derselben dient, während die Anordnung Fig. 6 die Prüfung der Anlagen auch während des Betriebes gestattet.

Fig. 3 stellt einen vielverbreiteten handlichen Montageisolationsprüfer der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft dar; Fig. 4 läßt schematisch die innere Anordnung des Apparates erkennen, und Fig. 5 zeigt eine Anwendungsart desselben. In dem verschlossenen Gehäuse befindet sich ein Nadelgalvanoskop G, dessen sehr große Windungszahl in zwei Unterabteilungen mit je einem Ende in den Klemmen b_1 und b_2 endigt. Ferner ist in dem Kasten eine Batterie von kleinen Trockenelementen $T. B$ untergebracht. Die Schaltung ist ohne weiteres verständlich; der zu messende unbekannte Widerstand (Isolation) ist im Stromkreise der Batterie $T. B$ mit dem Galvanometer G hintereinandergeschaltet und wird an die Klemmen a und b_1 oder a und b_2 angeschlossen (je nach der Größe des zu messenden Widerstandes). Bei Anschluß an die Klemme b_1 sind 1500 Windungen der Galvanometerspule eingeschaltet, bei b_2 nur 150 Windungen; daher ergiebt sich bei b_1 eine mehrmals höhere Empfindlichkeit als bei b_2 und man mißt so Isolationen von einigen Hundert bis zu mehreren Millionen Ohm Widerstand, wobei der Ausschlag der Nadel als Maß des Widerstandes dient, und deren Wert an der Skalentabelle abgelesen werden kann. — Fig. 5 zeigt die Anwendung des Instrumentes zur Prüfung einer Leitung auf Erdschluß, wobei am Instrument z. B. Klemme a

mit „Erde" (Gas- oder Wasserleitung), Klemme b_1 oder b_2 (je nach Wahl) mit der zu prüfenden Leitung verbunden wird.

Von großer Bedeutung ist jedoch oft die Kontrolle der Isolation einer Anlage während des Betriebes oder z. B. die Abnahmeprüfung



Fig. 3. Isolationsprüfer.

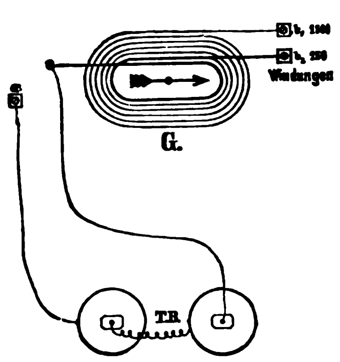


Fig. 4. Anordnung des Isolationsprüfers.

einer anzuschließenden Installation unter Benutzung der vollen Betriebsspannung. Statt wie in Fig. 3—5 die Spannung weniger Elemente zur Messung zu benutzen, welche daher keinen genauen Anhaltspunkt für das Verhalten der Isolation bei höherer Spannung (z. B. im Betriebe) gewährt, dient hierbei die Netzspannung selbst als elektromotorische Kraft im Meßstromkreise. Man hat also dann die Leitungen mit derjenigen Spannung geprüft, welche die Isolation auch wirklich nur auszuhalten braucht.

Die Methode der Isolationsmessung während des Betriebes ist in Fig. 6 dargestellt. — Ein Voltmeter S (statt eines Galvanometers mit entsprechend hohem Widerstande) ist mit einem Ende an Erde angeschlossen, während das andere Ende zu zwei Kontakten c_1 und c_2 führt. Man drückt nun erst auf den aus isolierendem Material (Hartgummi) bestehenden Knopf k_1 und macht eine Ablesung α_1 Volt am Voltmeter S und sodann durch Druck auf k_2 ebenfalls



Fig. 5. Schaltung bei Isolationsprüfungen.

eine Messung α_2 Volt. Die Knöpfe k_1 und k_2 bilden die Enden der beiden Hebelarme h_1 h_2 eines wageartigen Umschalters, welcher um die Achse a beweglich ist. Durch Druck auf k_1 wird die mit dem + Pole des Netzes verbundene Feder f_1 in Kontakt mit c_1 gebracht und damit das Voltmeter S zwischen + und Erde geschaltet; desgleichen bei k_2 zwischen — Pol und

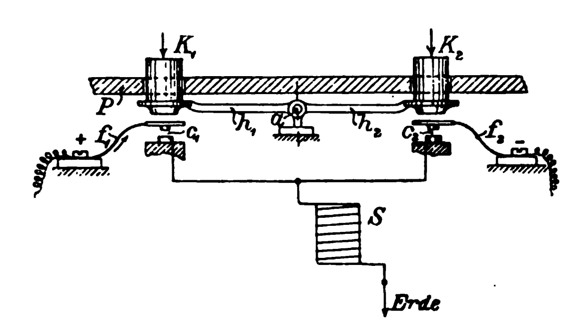


Fig. 6. Schaltung zur Isolations-Messung während des Betriebes.

Erde. Der + Pol habe einen Isolationswiderstand W_+ Ohm gegen Erde, der — Pol den Widerstand W_- Ohm. Ist ϱ der Leitungswiderstand des Voltmeters (mehrere Tausend Ohm) und E die Betriebsspannung (also z. B. 100 Volt zwischen + und — Pol) so ist

$$W_+ = \frac{\varrho\,[E - (\alpha_1 + \alpha_2)]}{\alpha_2} \text{ Ohm; (+ gegen Erde);}$$

$$W_- = \frac{\varrho\,[E - (\alpha_1 + \alpha_2)]}{\alpha_1} \text{ Ohm; (— gegen Erde);}$$

wobei α_1 und α_2 die resp. abgelesenen Spannungen in Volt zwischen dem + bezw. — Pol und Erde ausdrücken. Auf diese Weise ermittelt man durch zwei Messungen sofort die Isolation jedes Poles gegen Erde während des Betriebes. Die Gesamtisolation der Anlage wäre dann $\frac{W_+ \cdot W_-}{W_+ + W_-}$ Ohm Widerstand und der Stromübergang durch die Erde $= \frac{E}{W_+ + W_-}$ Ampère.

Uppenborn, *Centralblatt f. Elektr.* 10. *Bd.* 585.
Kallmann, *Elektr. Zeitschr.* (1893), 22. *Sept.*; *Ausstellung Chicago*, *Elektr. Zeitschr.* (1893) 681.

B. Allgemeine Sicherheitsvorkehrungen in elektrischen Anlagen.

Die im ersten Teile dieser Arbeit erörterten allgemeinen Erscheinungsformen des elektrischen Stromes haben bereits die Hauptgesichtspunkte hervortreten lassen, nach welchen der Grad der Unfall-, Feuer- und Betriebssicherheit elektrischer Anlagen zu beurteilen und welche allgemeinen Vorsichtsmaßregeln hierbei zu beachten sind. — Es ist nunmehr die Aufgabe des zweiten Hauptteils dieser Abhandlung, in eingehenderer Detaillierung die wesentlichsten Einrichtungen

darzustellen, welche beim Bau und Betrieb rationell ausgeführter elektrischer Anlagen getroffen werden müssen, und die natürlich auf obigen allgemeinen Prinzipien basieren.

Ganz gleich, ob nun die elektrische Energie zur Beleuchtung, zum Kraftbetriebe, zur Heizung oder zu irgend welchen anderen Zwecken verwendet werden möge, bleiben doch diese allgemeinen Konstruktionen und Systeme fast ohne Unterschied geltend. — Man kann bei der Darstellung der Hauptteile elektrischer Betriebe unterscheiden:

1) die Erzeugungsstellen des elektrischen Stromes (Centralstation, Blockstation u. dgl.),
2) die Verteilungsnetze (Straßenleitungen u. s. w.),
3) die Hausinstallationen.

Was zunächst die Stromerzeugungsstation betrifft, so sind die Hauptkonstruktionsteile derselben fast ohne Ausnahme in den großen Centralstationen der Städte in so vollendeter und erschöpfender Form und Zahl vertreten, daß wir füglich die Einrichtungen der kleinen selbständigen Anlagen für die Beleuchtungen einzelner Häuserblocks oder gar einzelner Gebäude später nur kurz zu berühren brauchen. Wir beschränken uns selbstverständlich nur auf die Erörterung derjenigen Einrichtungsteile, welche hauptsächlich im Interesse der allgemeinen Sicherheit vorgesehen zu werden pflegen.

I. Kraftstationen.

§ 12. Betriebskraft für die Dynamomaschinen; Antrieb.

Da, wie erwähnt, der Antrieb der elektrischen Maschinen in den meisten Fällen, wenn es sich nicht gerade um die Ausnutzung vorhandener Wasserkräfte oder einer anderen gelegentlich benutzten Energiequelle handelt, in großen Centralstationen durch Dampfmaschinen — seltener Gasmotoren — erfolgt, so kommen hierbei alle diejenigen Sicherheitsmaßregeln von vornherein schon in Betracht, welche für Dampfkessel- und Maschinenanlagen gelten, und die in Band VIII dieses Werkes von Herrn Professor Kraft bereits beschrieben worden sind.

Die sonst bei Riemen- oder Seilantrieb der Dynamos auftretenden Gefahren für das Personal sind durch die in der Neuzeit, wo irgend möglich, angewendete direkte Kuppelung oder vollständige konstruktive Verschmelzung der Motoren mit den Stromerzeugern (Dampf- und Gasdynamos) unter Fortfall aller Transmissionen vermieden.

§ 13. Feuerungsanlagen.

Hygienische und wirtschaftliche Rücksichten.

Was ferner die durch die großen Feuerungsanlagen unter Umsänden hervorgerufene Ruß- und Rauchplage anlangt, so würde dieser Uebelstand schon an sich in den zahlreichen Fällen außer Betracht kommen, wo die Stationen außerhalb der Stadt oder an der Peripherie angelegt werden. Außer zur Verhütung der Rauchbelästigung geschieht dies vornehmlich aus sehr gewichtigen ökonomischen Rück-

sichten, indem einmal die Grundstückswerte außerhalb des Weichbildes der Städte erheblich niedriger sind, ferner häufig durch die Nähe einer Bahnstation, eines Flußlaufes oder einer sonstigen bequemen Anfahrtsstelle die Anfuhr des Brennmaterials wesentlich geringere Kosten verursacht, und endlich die isolierte Lage die Verwendung minderwertigerer und daher erheblich billigerer Kohlensorten ohne Rücksicht auf die damit verbundene stärkere Rauchentwickelung, somit einen wirtschaftlicheren Betrieb gestattet.

Wenn jedoch die Centralstationen (z. B. in Berlin, Hamburg u. a. O.) inmitten der Stadt angelegt werden, so wird stets aus hygienischen Rücksichten auf einer möglichst vollständige Verbrennung erzielenden Feuerung (z. B. sog. Halbgasfeuerung) ein möglichst ruß- und rauchfrei verbrennendes Material verwendet. Es stellen sich hierbei außer den höheren Grundstückswerten zwar in der Regel die Betriebskosten teurer als im erstgenannten Falle, jedoch kann sich dieser Mehraufwand häufig durch den infolge der geringeren Entfernungen bezw. des Fortfalls einer sonst notwendigen Stromumwandlung geringeren Energieverlust von der Station bis zu den Konsumstellen erheblich reduzieren.

§ 14. Schutzvorrichtungen an Dynamos.

Wir kommen nun zu den Stromerzeugern selbst, unter welchen bei Gleichstromcentralen Dynamos und Akkulumatoren, bei Wechselstromanlagen die Dynamos und Transformatoren zu verstehen sind. Abgesehen von den übrigen Schutzvorrichtungen, welche wie bei allen in Bewegung befindlichen Maschinen, so auch bei den rotierenden Dynamoankern getroffen werden, muß bei diesen auch die Gefahr einer zufälligen Berührung der Pole insbesondere bei höheren Spannungen verhütet werden. Wenn die Dynamos durch Transmissionen angetrieben werden, so können meistens die Stromerzeuger von der Erde elektrisch isoliert werden. Es geschieht dies in der Regel in der Weise, daß man die Dynamos auf Holzunterlagen oder dgl. montiert, welche wiederum im Fundament verankert werden.

Bei direkt mit dem Betriebsmotor gekuppelten Dynamos ist eine solche Isolierung des Maschinenkörpers von Erde natürlich ausgeschlossen. Man pflegt insbesondere bei gefährlichen Spannungen den Platz um die Maschine herum mit Gummiteppichen oder dergl. isolierenden Unterlagen zu bedecken. Sobald infolge eines Fehlers oder einer anderen Störung die Isolation der Dynamodrahtwickelung verletzt und so der Eisenkörper derselben mit einem Pole in Berührung gelangt, so würde unter Umständen die Bedienung der Maschine schon Gefahr bringen können. Jedoch sind alle zur Regulierung erforderlichen Handgriffe, Hebel u. s. w. genügend gut isoliert, sodaß diese Gefahr wenig nahe gelegt ist.

Hingegen ist mit Rücksicht auf die Feuersicherheit darauf zu achten, daß die an den Stromabnahmebürsten bezw. am Kommutator sich bildenden, in der Regel zwar nur geringen Unterbrechungsfunken keinen Brand verursachen können, weshalb die Nähe feuergefährlicher oder leicht entzündbarer Stoffe vermieden werden muß.

Endlich ist die Dynamo auf ihren Isolationszustand hin (vergl. § 11 d), d. h. auf den Widerstand zwischen den stromführenden Wickelungen u. s. w. und dem Eisenkörper sorgfältig zu kontrollieren,

da sehr leicht ein Isolationsfehler hierin bald einen intensiveren Stromübergang (Kurzschluß, Erdschluß u. dgl.) nach sich ziehen und unter starken Feuererscheinungen den teilweisen Ruin der Maschine, ganz abgesehen von der großen Betriebsstörung, herbeiführen kann. Selbstverständlich ist stets für die eventuell erforderliche Reserve bei guten Anlagen Sorge getragen.

§ 15. Verteilungsschaltbrett. Schalt- und Sicherungsapparate.

Der von den Stromerzeugern gelieferte Strom wird nun an dem sogenannten Schaltbrett der Centrale kontrolliert, und es dienen die an demselben befindlichen Ausschalter und Umschalteapparate dazu, nach Belieben Dynamos ein- oder auszuschalten bezw. den Strom in die verschiedenen Distrikte des Netzes durch die Speiseleitungen zu verzweigen. Zur Messung der Stromstärke jeder Dynamo dient je ein in die Stromzuführung der Maschine eingeschaltetes Ampèremeter; zur Messung der Spannung dient in der Regel ein gemeinsames Voltmeter, welches mit Hilfe eines einfachen Umschalters nach Belieben mit jedem der einzelnen Dynamopole verbunden werden kann. Von allgemeiner sicherheitstechnischer Bedeutung sind auf diesem Gebiete die automatischen Signalapparate, insbesondere die selbstthätigen Meldevorrichtungen für Spannung und Isolation.

Was die Signalvoltmeter betrifft, so wird ihre Konstruktion auch ohne Abbildung aus der kurzen Darlegung ihres Prinzips ersichtlich sein. Diese Spannungswecker bestehen aus einem einfachen Voltmeter beliebiger, aber kompakter Konstruktion — es genügt auch ein genau gestelltes elektromagnetisches Relais (z. B. Morseelektromagnet), dessen schwingender Zeiger oder Anker zwischen zwei Kontaktschrauben spielt. Je nachdem die Spannung der elektrischen Anlage zu hoch oder zu niedrig ist, schlägt der Kontaktarm rechts oder links gegen die Anschlagschrauben und schließt dadurch den Stromkreis von Signalglocken oder Signalglühlampen. In der Regel reguliert man z. B. die Kontakte so ein, daß z. B. bei 2 Proz. über oder unter normaler Betriebsspannung ein Signal durch eine hoch oder tief gestimmte Glocke dem Maschinisten gegeben wird, welcher dann die Maschine oder die Akkumulatoren auf richtige Spannung so lange einreguliert, bis der Kontaktarm des Voltmeters wieder frei in der Mitte spielt und damit das Signal aufhört zu ertönen.

In ähnlicher Weise sind die automatischen Erdschlußanzeiger insbesondere für kleinere Anlagen (bei denen noch kein Pol dauernden Erdschluß hat) zur Kontrolle der Isolation der Anlage bestimmt. Einen Apparat der Art zeigten in schematischer Darstellung die Fig. 7 u. 8. In Fig. 7 ist die Schaltung der Glühlampen L_1 und L_2 ohne weiteres verständlich. In Fig. 8 (Anordnung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft) ist mit A und B der + bezw. — Pol der Anlage bezeichnet; der Apparat wird z. B. am Maschinenschaltbrett angebracht und der Skizze gemäß an die Pole angeschlossen. Zwischen den + und — Pol sind hintereinander die beiden z. B. verschiedenfarbigen (rot und grün)

Fig. 7.
Erdschlußanzeiger (schematisch).

Glühlampen *I* und *II* eingeschaltet. Die Mitte ihrer Verbindungsleitung *e* ist durch eine Signalglocke hindurch nach der Erde *E* (z. B. Wasserleitung) abgeleitet. Herrscht überall genügend gute Isolation, so brennen beide z. B. für 100 Volt (wenn + — = 100 Volt) bestimmte Lampen *I* und *II* gleich schwach rötlich, da jede nur 50 Volt Spannung erhält, und die Glocke bleibt in Ruhe. Wenn aber ein Pol des Netzes oder der Maschinen (z. B. eine — Leitung bei *a*) verletzt wird und Erdschluß bekommt, so wird sich um die Lampe *II* herum, wie durch die Pfeile angedeutet ist, ein Nebenstromweg durch die Erde hindurch ausbilden. Ist der Isolationsfehler bei *a* z. B. ein direkter Kontakt mit Erde, so würden von da ab zwischen *e* und *A* die vollen 100 Volt Spannung herrschen, und die Lampe *II* hell leuchten, *I* dagegen ganz erlöschen, und gleichzeitig die nunmehr von diesem Strome gleichfalls durchflossene Signalglocke ertönen. Je geringer der Erdschluß bei *a* ist, desto mehr wird die Helligkeit von *II* nachlassen, während *I* vielleicht schwach dunkel glüht. Mit Hilfe parallel zur Glocke zu schaltender Widerstände kann man den ungefähren Wert der Isolation in Ohm ermitteln. Würde nicht die —, sondern eine + Leitung in ihrer Isolation verletzt werden, so würde umgekehrt die Lampe *I* aufleuchten und *II* dunkler werden. Der Maschinist wird somit durch das Glockensignal auf eingetretene Isolationsfehler aufmerksam gemacht und kann aus dem verschieden starken Glühen der Signallampen auch entnehmen, wie groß ungefähr der Erdschluß und an welchem Pole derselbe aufgetreten ist.

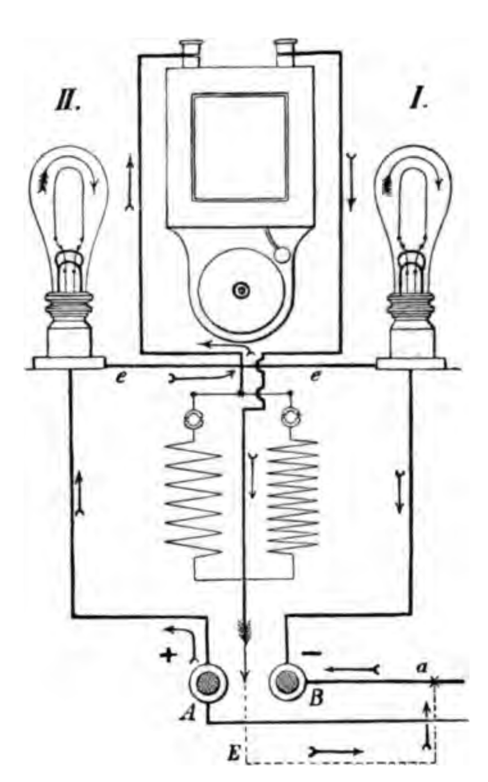


Fig. 8. Erdschlußanzeiger (schematisch).

Zur Kontrolle der Gesamtstromlieferung schaltet man häufig einen sogenannten Elektricitätszähler in die Hauptleitung ein, welcher die Produkte aus Stromstärke bezw. elektrischer Arbeit und Zeit registriert und so die Gesamtabgabe an Energie, d. h. die Pferdekraftstunden zu kontrollieren gestattet. Die Ausschalteapparate werden wohl ausschließlich mit der Hand bedient und bieten wenig besonders Bemerkenswertes dar, ebensowenig wie die Regulierapparate, welche zur genauen Abstufung der Spannung und Stromstärke dienen und in der Regel auf der mehr oder weniger großen Einschaltung künstlicher Drahtwiderstände zur verschieden großen Abschwächung der Intensität dienen.

Von besonderer Wichtigkeit sind aber die automatischen Aus-

schalter und Abschmelzsicherungen, welche beide im großen und ganzen denselben Zweck erfüllen, nämlich zur Verhütung eines übermäßig hohen Anwachsens der Stromstärke (bezw. auch der Spannung) dienen sollen.

Die Automaten kommen gewöhnlich nur an den Schaltbrettern selbst vor und beruhen meistens auf der elektromagnetischen Anziehung, welche eine von dem zu kontrollierenden Strome durchflossene Drahtspule auf einen Eisenanker ausübt, welch letzterer bei zu großer Stromstärke die Unterbrechung des gefährdeten Stromkreises selbstthätig bewirkt. In der Figur 9 ist die Konstruktion eines derartigen Automaten von Hartmann & Braun in Bockenheim dargestellt.

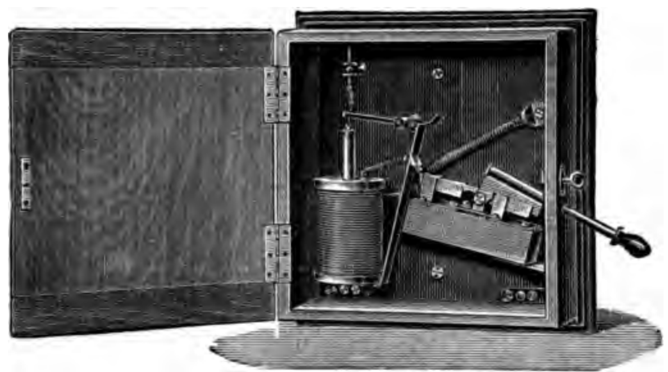


Fig. 9. Automatischer Ausschalter.

In einem verschließbaren Gehäuse ist eine Drahtspule angeordnet, über deren Mittelbohrung ein röhrenförmiger Eisenanker an einer cylindrischen Spiralfeder schwebt. Mit dem Anker ist ein Sperrhebel verbunden. Wenn der Strom oder die Spannung eine bestimmte Stärke überschreitet, zieht die Spule den Eisenanker nach unten, dadurch wird eine Sperrklinke etwas seitlich mitbewegt, und ein vorher durch die Sperrnase zurückgehaltener Kontakthebel wird durch die Kraft der gespannten schrägen Spiralfeder nach oben gerissen und unterbricht so den durch den Messerausschalter bisher geschlossenen gefährdeten Stromkreis. Mit Hülfe des seitlich herausragenden Schalterhandgriffes kann der Kontakt ohne Oeffnen des Gehäuses wieder geschlossen werden, sobald die Störung beseitigt ist.

Die Abschmelzsicherungen sind die verbreitetsten Sicherheitsvorrichtungen in den elektrischen Anlagen. Vom Dynamoschaltbrett ab gerechnet sind dieselben in verschiedenartigster Stärke in allen einzelnen Leitungen der Centrale, des Netzes und der Hausinstallationen bis zu den einzelnen Lampenzweigen herab vertreten und repräsentieren einen Hauptfaktor der gesamten Feuer- und Betriebssicherheit. Diese Sicherungen werden aus leicht schmelzbaren Metallstreifen oder -fäden, in der Regel aus Blei, hergestellt und in ihrem Querschnitte so bemessen, daß sie abschmelzen und so den Stromkreis selbstthätig unterbrechen sobald die Stromstärke ca. den $1\frac{1}{2}$- bis 2fachen Wert der normal zulässigen Stromintensität erreicht

hat. Gewöhnlich kann man die Stärke der Sicherungen nach dem Querschnitt der zugehörigen Leitung bemessen, da dieser wenigstens bei Verteilungsleitungen meistens direkt der zu transportierenden Stromstärke entspricht.

Diese Sicherungen treten auch dann in der Regel schon in Funktion, wenn durch einen momentanen Kurzschluß oder dergl., d. h. durch gleichzeitige metallische Berührung der verschiedenen Pole ein sehr starker kurzer Stromstoß entsteht, welcher übrigens ja auch meistens von einer plötzlichen Spannungsschwankung also Lichtzuckung begleitet ist, und nunmehr beim Abschmelzen der Sicherung das vollständige Erlöschen der betr. Lampen herbeiführt.

Man bringe jedenfalls stets an jedem der Pole Sicherungen an, und es empfiehlt sich ferner, da die Sicherungen einige Sekunden Zeit zur Erhitzung bis auf die Schmelztemperatur gebrauchen, dieselben so zu bemessen, daß sie bei plötzlichen, kurzdauernden starken Stromstößen nicht so schnell funktionieren, wie z. B. bei allmählich immer stärker und stärker anwachsendem Strome. Auf diese Weise läßt sich die Belästigung der Konsumenten durch allzu häufiges Funktionieren der Sicherung also Unterbrechen des Stromes, vielleicht ein wenig verringern, ohne doch die Feuersicherheit erheblich zu beeinträchtigen. Die Fig. 10 giebt eine Abbildung einer solchen einfachen Abschmelzsicherung.



Fig. 10 Abschmelzsicherung.

Auf einer isolierenden Platte (Marmor, Schiefer, Hartgummi) befinden sich ein paar Metallklötze mit Schrauben, zwischen welche die entsprechend breite Sicherung (aus Blei, Kompositions- oder Britannia-Metall) mit ihren metallenen Endstücken festgeschraubt und in die Trennstelle der zu sichernden Leitung direkt eingeschaltet wird.

Fig. 11 giebt eine schematische Darstellung einer kompletten Centralanlage nebst Verteilungsnetz nach dem System der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg.

Mit D_1, D_2 ... sind die parallel arbeitenden Dynamomaschinen bezeichnet, B, B stellt die zu diesen parallel geschaltete Akkumulatorenbatterie dar. Die Anordnung entspricht einem Dreileitersystem, bei welchem die Dynamos für die doppelte Lampenspannung, d. h. die Außenleiterspannung (z. B. + — 220 Volt) bemessen sind, während die neutrale Ausgleichsleitung (0) m von der Mitte der Akkumulatorenbatterie abgeleitet ist. Mit ZZ sind Zellenschalter bezeichnet, mittels deren zur Regulierung der Spannung die Zahl der Zellen nach Wunsch durch Drehen der Handkurbeln G verändert werden kann. Die dreifachen Speiseleitungen L_1, L_2 .... führen vom Schaltbrett der Centrale nach den verschiedenen Distrikten des Netzes. Mit V_1, V_2 ... sind diese Speisecentren gekennzeichnet, von denen aus sich dann die Straßenverteilungsleitungen nach den Straßenrichtungen hin abzweigen. Von diesen Ver-

teilungsleitungen sind dann wiederum die Hausanschlüsse der Installationen abgezweigt.

Fig. 12 giebt eine Ansicht eines kleineren Stationsschaltbrettes für Anlagen mit Akkumulatorenbetrieb nach der Anordnung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.

Es sind an demselben die Handausschalter, Bleisicherungen und Ampèremeter, Stromrichtungszeiger der Hauptschienen sowie die automati-

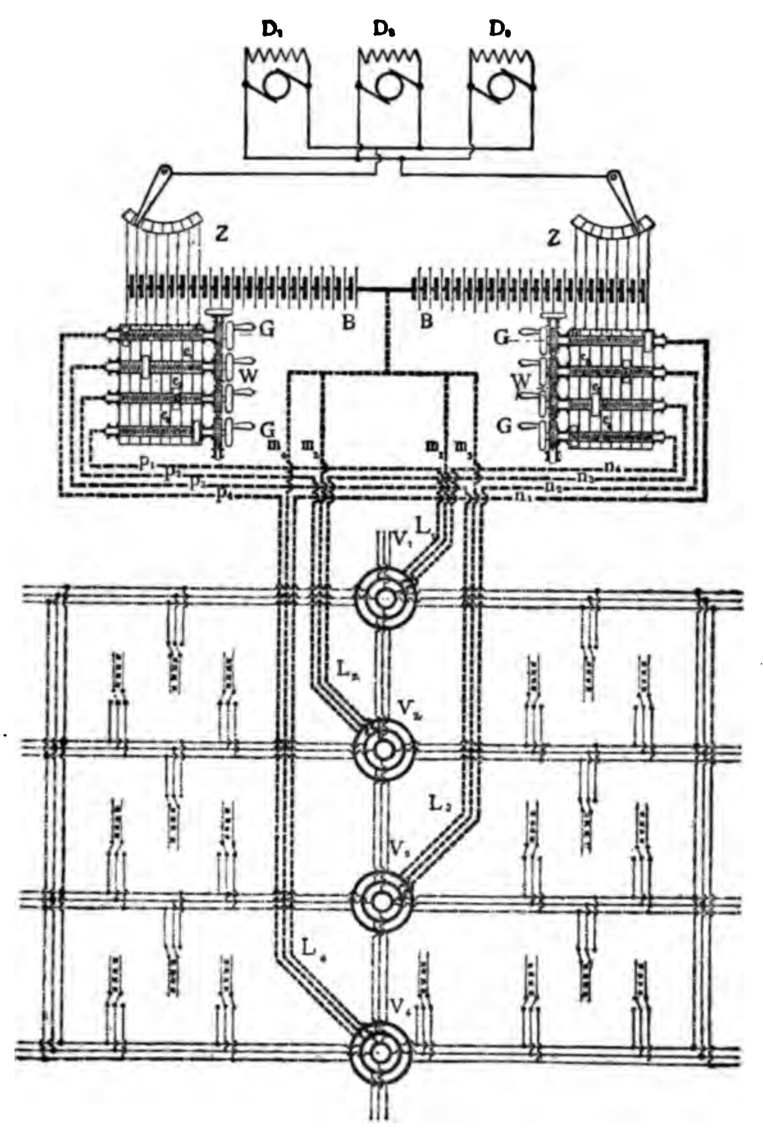


Fig. 11. Schaltungsschema einer elektrischen Centralstation nebst Verteilungsnetz.

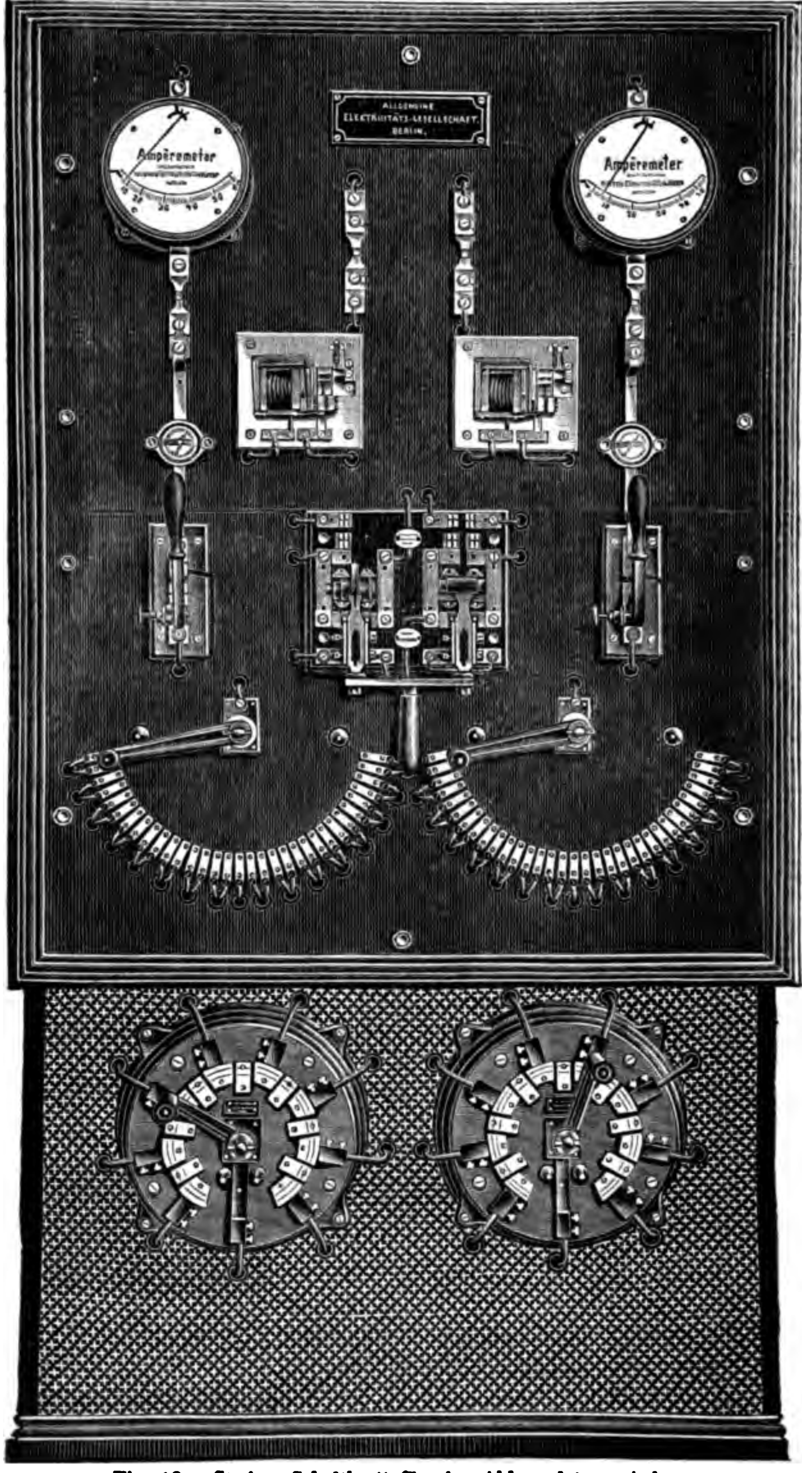


Fig. 12. Stations-Schaltbrett für eine Akkumulatoren-Anlage.

schen Starkstromausschalter, Umschalter und Zellenschalter (unten), endlich die Widerstände zur Regulierung der Dynamospannung erkennbar.

Heim, *Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen*, *Leipzig* (1892).
Kittler, *Handbuch der Elektrotechnik*, *Stuttgart* (1892) *II. Aufl.*
Uppenborn (*Diverse Beschreibungen von Centralstationen*), *Elektr. Zeitschr.* (1892—1894).
Kallmann (*Bericht Chicagoer Ausstellung*), *Elektr. Zeitschr.* (1894): *Schalt- und Regulierapparate in Heft* 1, 2, 20, 25 *ff.*
Kataloge von Siemens & Halske, *Schuckert & Comp.*, *Allgem. Elektr. Ges. u. A.*

II. Das Leitungsnetz.

Wenn nun die Sicherheitseinrichtungen in der Maschinenstation fast ausschließlich außer der Sicherung des Gesamtbetriebes selbst eigentlich besonders das bedienende Personal, das Gebäude bezw. dessen nächste Umgebung zu schützen bestimmt sind, so ist dahingegen das Straßenleitungsnetz erheblich mehr dazu angethan, die öffentlichen Interessen, das Wohl der Allgemeinheit zu berühren.

Wenn wir auch nicht in der Lage sind, bei dem eng bemessenen Raume und den besonderen Tendenzen dieses Buches hier näher auf die vielen verschiedenen Stromverteilungssysteme einzugehen, welche bei Stadtcentralen in Anwendung sind, und die nach ihrer Eigenart auch besondere Maßnahmen zur Sicherheit erfordern, so müssen wir doch wenigstens ganz generell die Hauptausführungsformen der Leitungsnetze hier anführen.

Man unterscheidet im allgemeinen oberirdisch, d. h. frei durch die Luft geführte Leitungen und unterirdisch, d. h. im Straßenkörper unter dem Pflaster verlegte Netze.

§ 16. Luftleitungsnetze.

Die Luft-Leitungsnetze brauchen wir hier nicht eingehender darzustellen, da sich ihre Verwendung meistens auf kleinere Orte, auf freie Landstrecken, kurz auf weniger dicht bevölkerte Punkte beschränkt. Die Sicherheitseinrichtungen derselben richten sich natürlich ganz nach der Höhe der angewendeten Betriebsspannungen. Hat man es mit niedrigen Spannungen zu thun, so sind besondere Sicherheitsvorkehrungen gegen eventuelle gefährliche Berührung der Drähte natürlich nicht erforderlich; es unterscheidet sich die Art der Montage solcher oberirdischen Starkstromleitungen daher im Prinzip — abgesehen natürlich von der den größeren Leitermassen, Zugkräften u. s. w. entsprechend erforderlichen stabileren Bauart — nicht wesentlich von der konstruktiven Anlage von Telephon- oder Telegraphennetzen. Die Fig. 13 giebt eine Ansicht eines solchen Abzweigepunktes nach der Anordnung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft für oberirdische Leitungsnetze für gewöhnliche Spannungen (einige 100 Volt Gleichstrom). Man verwendet gern einfach umsponnene Kupferseile, um durch die Umspinnung wenigstens einigermaßen ev. mutwillige Kurzschlüsse z. B. durch Hinüberwerfen von Metallstücken (Drähten) über die stromführenden Leitungen zu verhüten. Die Endstücke der Kupferseile sind besonders sorgfältig zu konstruieren (z. B. nach Art der Seilschlösser für Förderseile u. s. w.), damit sich die bei Wind stark beanspruchten schweren Seile nicht losreißen und, herabfallend, Schaden anrichten. Ebenso wird man über denjenigen Stellen, an denen

z. B. Telephondrähte über die Starkstromleitungen hinüberführen, zweckmäßig Schutzbretter, Drahtnetze oder andere Abdeckungen anbringen, um bei einem möglichen Bruch einer Fernsprechleitung ein direktes Auffallen und einen Kontakt mit der Lichtleitung zu verhüten. Es würde sonst dadurch einerseits ein Kurzschluß der Lichtleitungen, andererseits ein Uebertritt des Starkstromes in die Fernsprechleitungen und Apparate mit den damit verknüpften Zerstörungen dieser letzteren hervorgerufen werden. — Endlich sind die Luftleitungen gegen atmosphärische Entladungen durch Anbringung von Blitzableitern

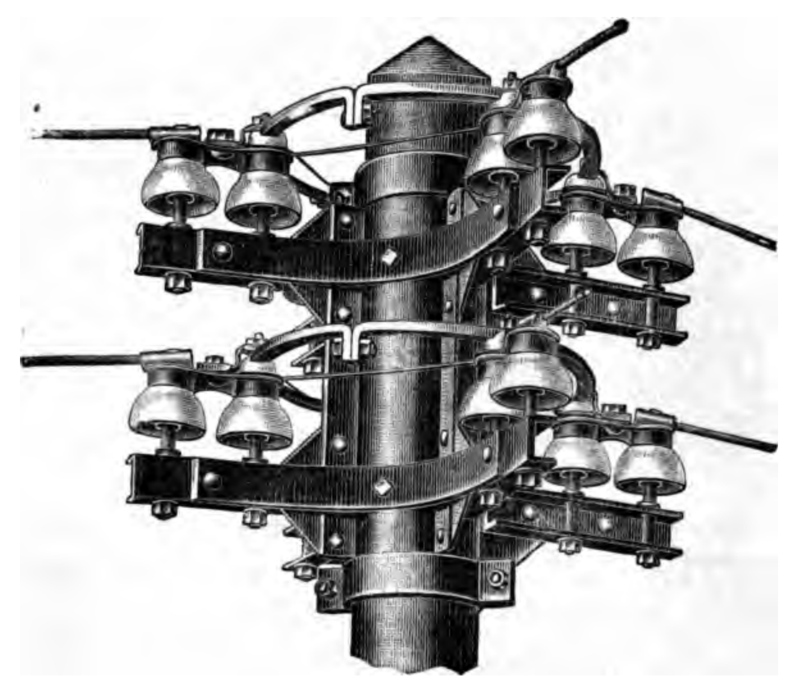


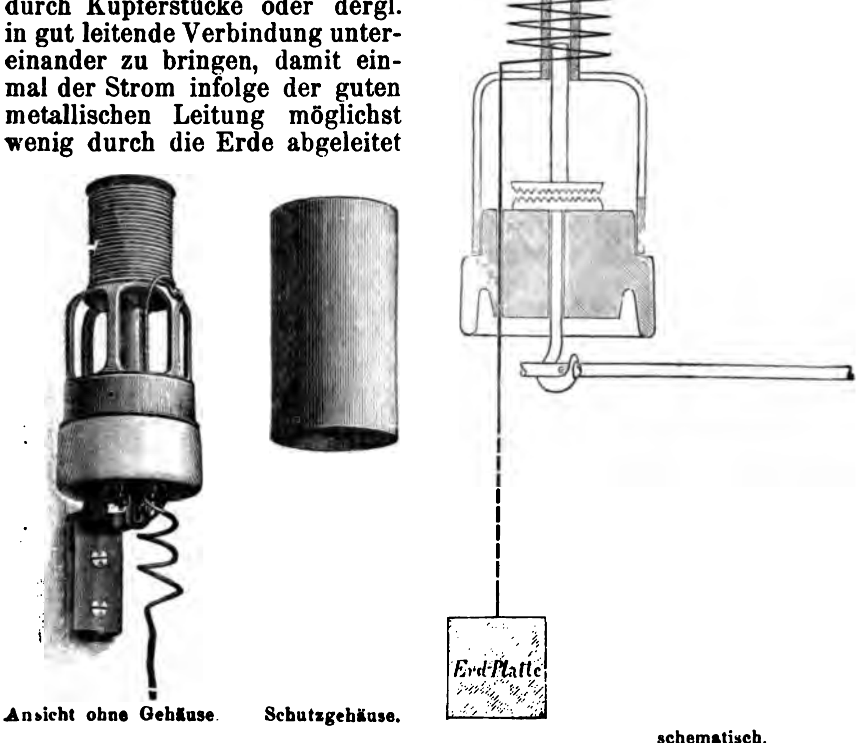
Fig 13. Abzweigepunkt für oberirdische Leitungen.

zu sichern. Da diese letzteren sich erheblich von den sonst bei Schwachstromanlagen benutzten Apparaten unterscheiden, so geben wir in Fig. 14 eine Abbildung einer solchen Blitzschutzvorrichtung von Siemens und Halske für Starkstromnetze. Ein in die Leitung einschlagender Blitz durchfährt die Spule und zieht durch diese Magnetisierung einen Eisenkern in dieselbe hinein, welcher dabei den zwischen den in ca. 1 mm Abstand voneinander stehenden, gerippten Metall- oder Kohlenplatten sich bildenden Lichtbogen automatisch auseinanderreißt. Auf diese Weise wird durch Vernichtung des Funkenstromes ein Stromübergang zur Erde bezw. ein Erd- oder Kurzschluß verhütet.

Zweckmäßig wendet man ferner einen über die ganze Länge des Netzes, also parallel über den Leitungen von Pfosten zu Pfosten ausgespannten und an möglichst vielen Stellen direkt an Erde gelegten blanken Stacheldraht als Blitzschutz für Starkstromnetze an.

Die Schutzvorrichtungen für elektrische Bahnanlagen mit ober-

irdischer Stromzuführung (Arbeitsleitung, auf der die Kontaktrolle schleift) entsprechen im allgemeinen denselben Prinzipien, da auch hierbei Lebensgefahr angesichts der in der Regel nur 500—600 Volt (Gleichstrom) betragenden Betriebsspannungen ausgeschlossen erscheint. Jedoch ist hierbei noch bei der Anlage des Schienennetzes, welches gleichzeitig als Rückleitung des Stromes dient, darauf zu achten, daß die Schienenleitung insbesondere auch an den Stößen eine möglichst vollkommene ist. Zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, die Schienenenden, welche an sich schon durch Laschen zusammengeschraubt sind, noch besonders durch Kupferstücke oder dergl. in gut leitende Verbindung untereinander zu bringen, damit einmal der Strom infolge der guten metallischen Leitung möglichst wenig durch die Erde abgeleitet



Ansicht ohne Gehäuse. Schutzgehäuse. schematisch.

Fig. 14.

Blitzschutzvorrichtung mit selbstthätiger Funkenlöschung für oberirdische Starkstromnetze.

und ferner ev. auch verhütet wird, daß z. B. Pferde, wenn sie sehr schlecht miteinander verbundene Schienenstöße passieren, wenn auch nur ungefährliche Schläge erhalten. Eine Ableitung des Stromes durch die Erde jedoch würde insofern schädlich wirken, als einmal Fernsprechleitungen u. s. w. durch diese „Erdströme“ empfindlich in ihrem Betriebe gestört werden können, und ferner z. B. in Amerika elektrolytische Einwirkungen auf Gas- und Wasserleitungen durch derartige allzu starke Stromentweichungen beobachtet worden sind. Es empfiehlt sich daher, auch schon zur Verhütung solcher Beschädigungen von Gas- und Wasserröhren und der damit verbundenen Gefahren, die Rückleitung der Schienen und auch die hieran geführte

Leitung von der Station von der Erde, soweit es thunlich ist, zu isolieren und selbst möglichst gut leitend zu gestalten, um die Strombewegung durch die Erde nach Kräften zu verringern.

In erhöhtem Maße aber muß auf die Sicherung solcher Luftleitungsnetze geachtet werden, welche hochgespannte Ströme führen, und bei denen mithin auch schon die bloße Berührung mit Gefahr für Leben und Gesundheit verknüpft sein kann. Die zahlreichen, durch leichtfertige Montage solcher Hochspannungsanlagen insbesondere in Amerika verursachten Katastrophen haben in dieser Hinsicht auf das Publikum derartig beunruhigend gewirkt, daß es der größten Bemühungen der Elektrotechniker und der Einführung der weitgehendsten Sicherheitsmaßregeln bedurfte, um nur einigermaßen das Vertrauen zu dieser Art von Leitungsführung wiederherzustellen. — Da die Frage der Einführung elektrischer Licht- und Kraftverteilung und der damit verbundenen segensreichen Wirkungen doch in erster Linie insbesondere bei billiger Ausnutzung entfernter Wasserkräfte, zumal für kleinere Gemeinden und auf größere Distanzen auf den Kostenpunkt hinausläuft, so muß schließlich doch auch in Anbetracht der weittragenden Vorteile derartiger Einrichtungen vom Publikum eine etwas größere Vorsicht und Aufmerksamkeit verlangt werden können. Alsdann aber reduzieren sich die Gefahren auf ein sehr geringes Maß. Es ist ja stets die Erscheinung zu beobachten, daß mit der Gewöhnung an Gefahren auch die Selbstachtsamkeit und die Fähigkeit, die Gefahren zu vermeiden, sich einfindet; es wird diese Selbsterziehung zur Vorsicht dem Publikum schließlich so zur Gewohnheit daß der Charakter der Gefahr ganz verschwindet. So war es bei Einführung der Eisenbahnen und bei vielen anderen schnelleren, aber an sich auch gefahrdrohenderen Verkehrsmitteln, und so wird man mit der Zeit auch über die übertriebene Gefährlichkeit gewisser elektrischer Anlagen kühler urteilen.

Aber auch die Elektrotechniker haben das Möglichste gethan, den eventuellen Gefahren solcher Hochspannungsanlagen vorzubeugen. Abgesehen von mechanischen Schutzvorrichtungen zur Verhütung zufälliger Berührung von Leitungen, hat man auch zur Vermeidung von Stromableitungen zur Erde besondere Formen von Isolatoren hierfür angewendet. Es sind dies Porzellanisolatoren (Fig. 15), welche mit innenliegenden Oelrinnen versehen sind und dem Hochspannungsstrom einen Uebertritt über die ev. feuchte Porzellanoberfläche zur Erde hin abschneiden. Ferner sind verschiedene Vorrichtungen angebracht worden, um eventuell durch Bruch einer Leitung herabfallende Leitungsdrähte sofort stromlos zu machen, sodaß eine Berührung derselben alsdann absolut ungefährlich ist. Es geschieht dies entweder durch elektrische Wirkung, indem Sicherungen in diesem Falle abschmelzen und den Strom der Leitung unterbrechen, oder auch durch mechanische Konstruktionen derart, daß z. B. die Drahtenden von Pfosten zu Pfosten in nach unten offene Haken eingehakt sind und in gespanntem Zustande sich befinden.

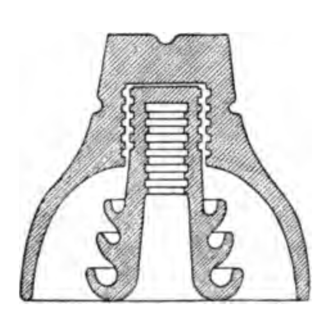


Fig. 15. Porzellan-Isolator mit Oelrinnen für hochgespannte Ströme.

Reißt ein solcher Draht, so hakt sich das betreffende herabfallende Stück von selbst aus, da die zum Festhalten erforderliche Spannkraft aufgehört hat, und es verlieren somit auch seine Endösen den metallischen zur Stromverbindung erforderlichen Kontakt mit dem Haken.

Wir brauchen wohl nicht besonders hervorzuheben, daß natürlich auch bei allen oberirdisch angelegten Leitungsnetzen die bekannten Abschmelzsicherungen und andere bewährte Schutzvorrichtungen angebracht sind, welche wir bei Besprechung der unterirdisch ausgeführten Anlagen noch berücksichtigen werden.

§ 17. Unterirdische Leitungsnetze.

Macht schon die Anlage von Luftleitungsnetzen vielerlei spezielle Schutzmaßnahmen erforderlich, so sind die sicherheitstechnischen Rücksichten bei unterirdisch verlegten Verteilungsnetzen noch erheblich weitgehender. Es rührt dies daher, daß einmal die unterirdischen Leitungssysteme zumal in den insbesondere in Betracht kommenden größeren Städten, am weitaus verbreitetsten längst bewährt und daher konstruktiv besonders gut ausgebildet sind, ferner daher, daß die den Grund der öffentlichen Verkehrsstraßen benutzenden Leitungen bei auftretenden Fehlern besonders verhängnisvolle Störungen des Verkehrs und Gefahren für Leben und Gesundheit des Publikums sowie für die Sicherheit der Gebäude involvieren. Endlich und vornehmlich liegt aber die Ursache wohl in dem Umstande, daß durch Kabeldefekte möglicherweise ernste Beschädigungen benachbarter Leitungen anderer Verwaltungen, z. B. der Gas- und Wasserröhren, der Kanalisationsanlagen, Post-, Polizei- und Feuerwehrkabel, Rohrpost und Telephonrohre u. s. w. herbeigeführt und somit die Interessen anderer wichtiger Ressorts empfindlich berührt werden können. Die große Bedeutung dieses Gegenstandes wird daher eine etwas eingehendere Erörterung rechtfertigen. Wir wollen der Uebersichtlichkeit halber dieser Darstellung die folgende Einteilung zu Grunde legen:

a) Systeme unterirdischer Leitungsführung;
b) Ursachen eventuell eintretender Leitungsfehler;
c) Entwickelungsprozeß und Erscheinungsformen der aus den Fehlern entstehenden Störungen;
d) Sicherheitsvorrichtungen zur Verhütung bezw. Bekämpfung der Leitungsstörungen:
   α) elektrische Sicherheitsvorrichtungen,
   β) mechanische Schutzvorkehrungen,
   γ) administrative und allgemeine Vorsichtsmaßregeln.

a) Systeme unterirdischer Leitungsführung.

Unter den unterirdischen Leitungssystemen kommen natürlich die Kabel in allererster Reihe in Betracht, bei deren Einführung sich die Starkstromtechnik auf die jahrzehntelangen eingehenden Erfahrungen und Errungenschaften der Telegraphenpraxis stützen konnte. Wenn auch die Fabrikate der verschiedenen Firmen in Details z. T. infolge der Rücksichten auf die speziellen Anwendungszwecke (Nieder- oder Hochspannung, Gleich- oder Wechselstrom, Einfach- oder Mehr-

fachkabel für Zwei- oder Mehrleiter u. s. w.) voneinander abweichen, so sind doch die wesentlichen Bestandteile der Starkstromkabel in der Regel dieselben. Sehr verbreitet sind insbesondere wegen der Bequemlichkeit ihrer Verlegung u. s. w. die armierten Bleikabel. Fig. 16 giebt den Querschnitt eines dreifachen koncentrischen eisenbandarmierten asphaltierten Patent-Bleikabels wieder. Die stromleitende Kabelseele besteht aus mehreren litzenförmigen zusammengelegten Kupferdrähten, deren Zahl von dem meist bis max. ca. 1000 qmm herzustellenden Gesamtkupferquerschnitt abhängt. Bei einfachen Kabeln wird die Kupferseele von einer imprägnierten Umspinnung von Jute oder dergl. umschlossen, welche wiederum von einem dicht schließenden, 1—3 mm Bleimantel als Schutz gegen Feuchtigkeit umgeben, mit einem Asphaltüberzug versehen und endlich von einer doppelten Eisenbandspirale als Schutzhülle gegen mechanische Verletzungen umschlossen wird. Isoliert von der Kupferseele ist vielfach ein umsponnener Kupferdraht von ca. 1 mm Durchmesser mit in das Kabel eingeschlossen, der sog. „Prüfdraht", auf dessen Verwendung zur Netzkontrolle wir noch später zurückkommen werden.

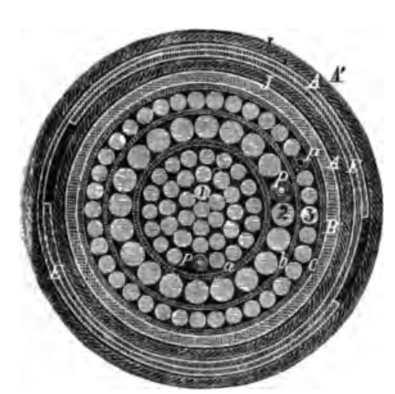


Fig. 16. Eisenbandarmiertes konzentrisches Dreileiter-Kabel mit 3 Prüfdrähten.

Das koncentrische dreifache Kabel von Siemens und Halske in Fig. 16 ist für 3 Leitersysteme bestimmt und ersetzt die übrigens in der Regel statt dessen angewendeten 3 einfachen Kabel. Die Anordnung ist im Prinzip dieselbe. Mit *1* ist die erste Seele, mit *2* die zweite und mit *3* die äußerste, ringförmig angeordnete Kupferdrahtseele bezeichnet. *P* stellt den isolierten dünnen mit eingesponnenen Prüfdraht dar; jeder der 3 Pole enthält einen solchen Draht. *a*, *b*, *c* sind die isolierenden Jutezwischenlagen zwischen den drei Seelen, mit *B* ist der die äußerste Juteumspinnung umschließende Bleimantel bezeichnet, *A* ist die darauf folgende Asphaltschicht, *E* die doppelte Umhüllung mit Eisenbandspiralen und endlich *A'* die äußere Umspinnung aus geteerter Jute.

Da diese eisenbandarmierten asphaltierten Patent-Bleikabel genügend biegsam und ohne weiteres transportabel sind, so ist ihre Anwendung mit geringen Schwierigkeiten verknüpft, und ihre Verlegung einfach in der Weise vorzunehmen, daß sie ca. $^1/_2$—$^3/_4$ m tief unmittelbar in die Erde gelegt werden. (In Berlin werden sie dicht neben den Bordschwellen in den in der Regel mit Mosaiksteinen gepflasterten Streifen des Bürgersteiges zwischen Bordschwelle und Trottoirplatten eingebettet.) Die Montage geschieht in der Weise, daß die durchschnittlich in Längen von mehreren Hundert Metern gelieferten Kabelstücke durch „Muffen" an ihren Enden miteinander verkuppelt werden. Zu dem Behufe wird die Kupferseele auf mehrere Centimeter von der Umspinnung und dem Blei- und Eisenmantel befreit, die blanken Kupferenden werden mittelst Klemmbacken zusammengeschraubt und zum äußeren Schutze wird isoliert hiervon eine doppelschalige Muffe

aus Gußeisen um diese Verbindungsstelle gelegt und der freie Raum zwischen Klemme und Muffenschale mit heißer Isolationsmasse umgossen. Diese Isoliermasse ist aus harzigen Substanzen, Teer, Wachs u. s. w. zusammengemischt und erhärtet nach einigen Stunden zu einer festen, homogenen, bestens isolierenden Masse.

In analoger Weise werden die Abzweigeklemmen für die Hausanschlußleitungen mittels sog. T-Muffen (Fig. 17) von den Verteilungskabeln abgezweigt.

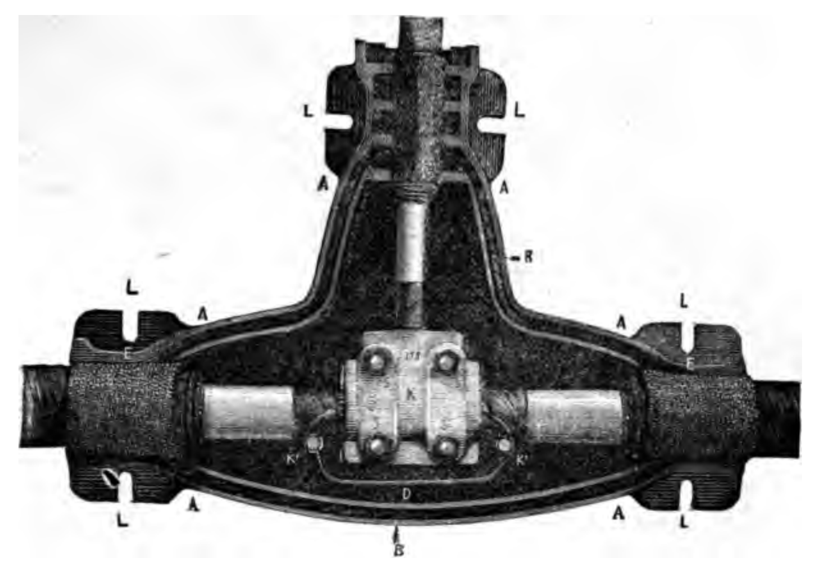


Fig. 17. Kabelabzweigeklemme für Hausanschlufsleitungen u. dergl. (T-Muffe).

Aus Fig. 17 (Konstruktion von Siemens und Halske) ist die Abschälung des Blei-, Eisen- und Jutemantels erkennbar, ebenso die Verbindungsklemme *K*, die untere äußere eiserne Muffenschale *A* und die Art der Verbindung der Prüfdrähte durch den Draht *D*.

Nur die Einsteigeschächte, d. h. die Verzweigungsstellen mehrerer Kabel (in der Regel an den Straßenecken gelegen) bleiben zugänglich. Diese Einsteigeschächte von Siemens und Halske (Fig. 18 und 19) werden durch gußeiserne Kästen von ca. $^1/_2$ — 1 cbm Volumen gebildet, in welchen sich die sog. Sammelschienen der verschiedenen Pole isoliert voneinander auf Stützen befinden und an welche, unter Zwischenschaltung der von Bleisicherungen, die luftdicht mittels „Stutzen" durch Löcher Kastenwände eingeführten Kabel der verschiedenen Straßenrichtungen mit sog. Endverschlüssen angeschraubt sind. Die auf diese Weise hergestellten Verzweigungsstellen der Kabelleitungen werden durch einen mittels Gummidichtungen hermetisch aufgeschraubten eisernen Deckel in diesem Kasten gegen Feuchtigkeit u. s. w. geschützt und sind in kürzester Zeit zu Revisionen, Montagen u. s. w. freizulegen, indem man eine im Straßenniveau selbst liegende Stein- oder Eisenabdeckplatte abhebt und darauf den darunter befindlichen Kastendeckel abschraubt. Es ist selbstverständlich, daß bei allen solchen Anlagen der erste Grundsatz der Sicherheitstechnik stets befolgt wird,

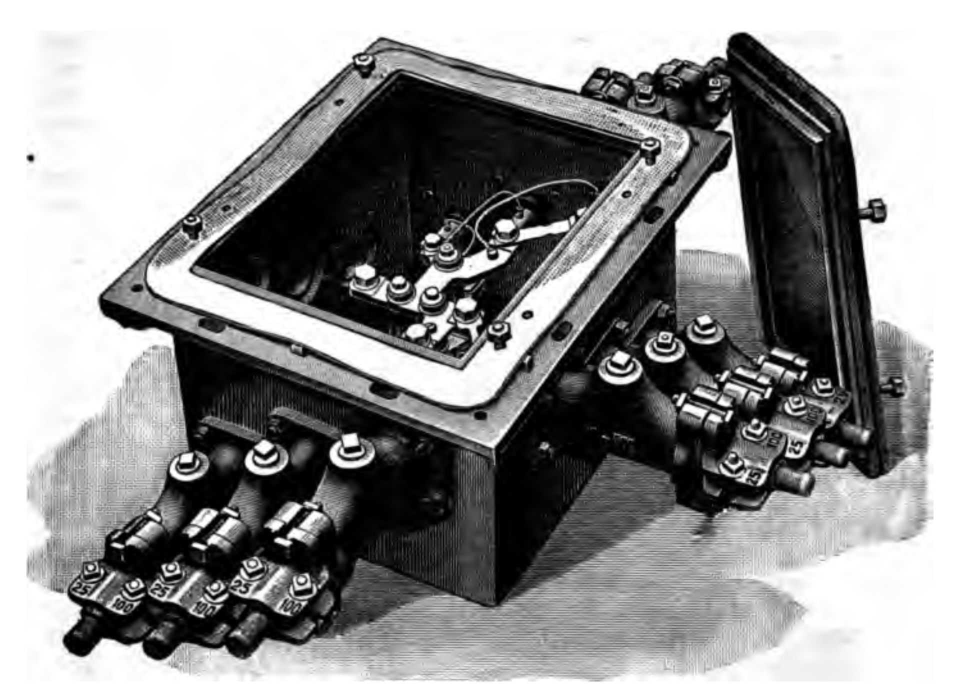


Fig. 18. Kasten für Kabelverzweigungspunkte (Einsteigeschacht)

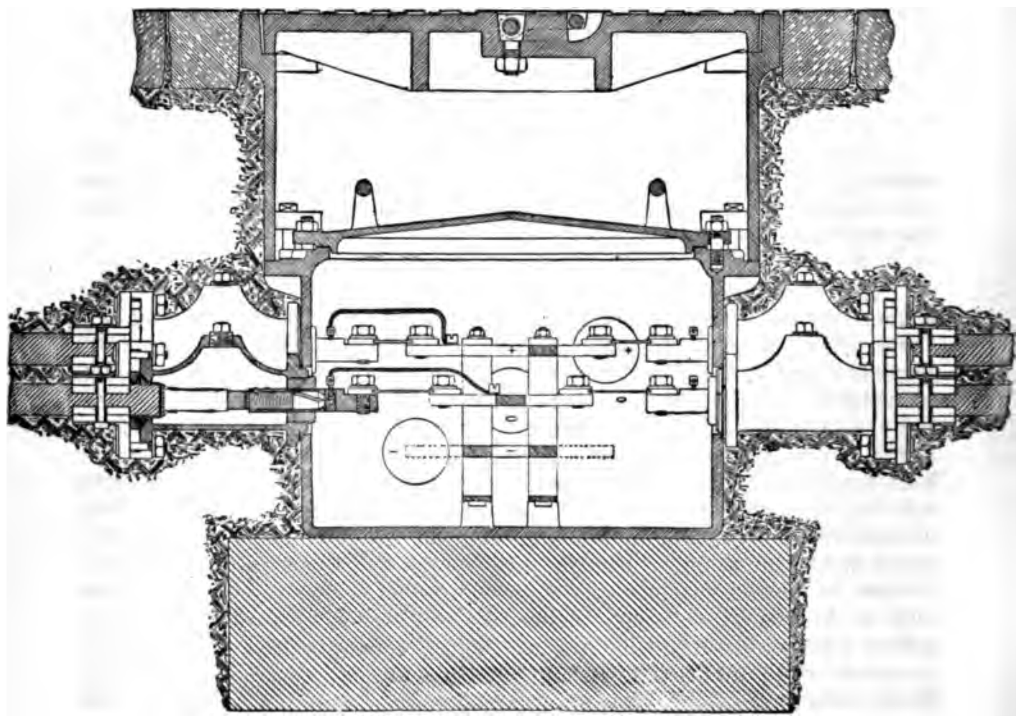


Fig. 19. Kasten für Kabelverzweigungspunkte (Einsteigeschacht). Senkrechter Schnitt.

daß nämlich an jedem Verzweigungspunkte von Leitungen jede Leitung durch einen Abschmelzbleistreifen oder dgl. gesichert werden muß; es ist daher in jede stromführende Leitung im allgemeinen sowohl in den Abzweigemuffen als im Verteilungskasten eine Bleisicherung eingeschaltet. Da wir auf die Bedeutung der diversen sog. Armaturteile der Kabelnetze noch näher zu sprechen kommen werden, so brauchen wir nur noch kurz die wesentlichsten anderen Untergrundsysteme anzuführen.

In Amerika ist das Edison'sche Leitungssystem viel verbreitet, bei welchem massive Kupferstangen der entsprechenden verschiedenen Querschnitte in Eisenrohren sich befinden. Die durchschnittliche Länge eines solchen starkwandigen Eisenrohres von einigen cm Durchmesser ist ca. 6 m; in das Rohr werden z. B. bei dem Dreileitersystem 3 Stück mittels starker Hanfstricke zusammengewickelte, aber durch diese voneinander auch wiederum in elektrischer Hinsicht isolierte, massive, runde oder halbrunde Kupferstangen von ebenfalls je ca. 6 m Länge hineingesteckt, und das ganze Rohr wird nun mit der vorerwähnten bald erhärtenden Isolierkomposition (Asphalt u. dgl.) ausgegossen; die Kupferleiter werden an Verkuppelungs- oder Abzweigestellen durch biegsame Kupferseile, welche als Kompensationsstücke bei Temperaturvariationen und den dadurch bedingten Längenänderungen dienen, mit den folgenden Leiterlängen verbunden und die Rohrenden durch Verschraubungsmuffen ähnlich wie andere Röhren miteinander verkuppelt. Auch diese Muffenschalen werden mit Isolationsmasse ausgefüllt. — Endlich sei als abweichend von diesen erwähnten, gleichsam luftdicht ausgefüllten und kompakten Leiterkonstruktionen noch das sogenannte Kanalsystem erwähnt, wie es stellenweise auch in Berlin und anderen größeren Städten statt der Kabel angewendet wurde. Es sind dies Cementkasten (Fig. 20) von ein paar Metern Länge und in der Regel rechteckigen Profilen, welche — aus sog. Monier-Cementmasse hergestellt — aneinander gestoßen und durch ebensolche Bandagen nach Möglichkeit wasserdicht miteinander verbunden werden. In diesen Kasten sind auf dem Boden in Abständen von mehreren Metern auf eisernen festen Querstücken eine Reihe von verschieden hoch angeordneten Porzellanisolatoren angebracht, über welche die massiven, als Stromleiter dienenden blanken Kupferstangen gelegt werden. Für jeden der verschiedenen Pole ist je eine Isolatorenreihe bestimmt, und je nach der Zahl der so in einem Kasten unterzubringenden Leiterpaare ist die Zahl der Isolatoren verschieden, und hiernach richtet sich auch der erforderliche freie Raum, also die Profilgröße des Monier-Kastens. Eine solche Kanalkonstruktion, die mithin mit Luftisolation angeordnete Kupferleiter enthält, ist in Fig. 20 dargestellt. Diese Kanäle werden, wie die Kabel, in der Regel im Erdreiche unter den Bürgersteigen eingebettet, sodaß ihre abnehmbare Deckplatte ca. $^1/_2$ — 1 m unter dem Straßenniveau liegt. Natürlich ist für genügende Lüftung durch sogenannte nach der Straßenoberfläche hinaufführende, geeignet geöffnete Ventilationsschächte (siehe Zeichnungen mit der Anordnung von Gebrüder Naglo in Berlin) und für Entwässerung durch entsprechende Gefälleanordnung u. s. w. gesorgt.

Am zweckmäßigsten würde es natürlich sein, wenn unter dem Straßenkörper begehbare Tunnels vorgesehen wären, in welchen außer allen anderen öffentlichen Leitungen, als Gas-, Wasser-, Kanalisations-,

Rohrpost-, Post- u. s. w. Röhren und Leitungen auch die Lichtkabel untergebracht und so einer bequemen Kontrolle stets zugänglich wären. In Amerika hilft man sich in Ermangelung dieser größeren Tunnelanlagen mit Kanalsystemen ähnlich den Monier-Kanälen, in denen wenigstens eine größere Anzahl elektrischer Stark- und Schwachstromleitungen Platz finden und Freilegungen unschwer vorgenommen

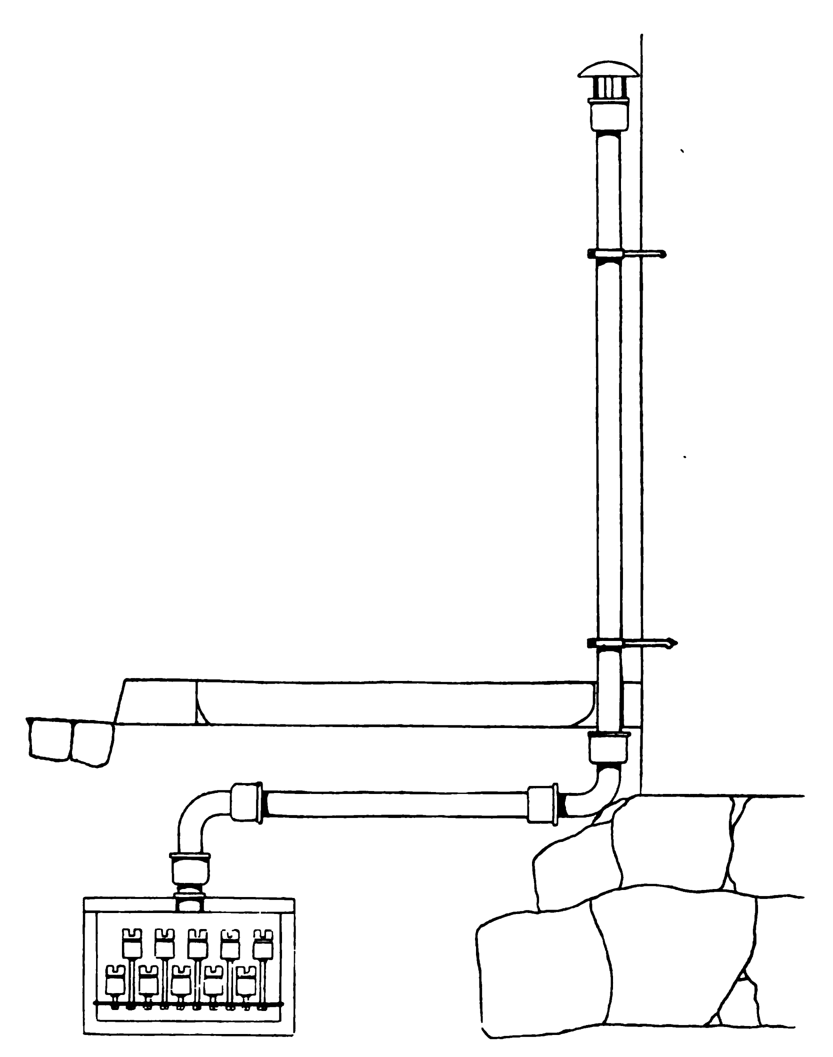


Fig. 20. Profil eines Cement-Kanals mit Isolatoren für Starkstromleitungen.

werden können. Anstatt, wie sonst vielfach üblich, hierfür eine Anzahl Rohre zu verlegen, durch welche die elektrischen Leitungskabel hindurchgezogen werden, sind hier sehr zweckmäßig konstruierte Gußeisenkasten (Fig. 21 und 22) von je 1,5 m Einzellänge benutzt. Die nahezu rechteckigen Profile sind in eine je nach Erfordern verschieden große Anzahl von Fächern eingeteilt, in welche alle Arten elektrischer Leitungen,

als Telegraphen-, Telephon-, Feuerwehr-, Polizei-, Lichtkabel u. s. w. bequem und getrennt einzeln hineingezogen werden können. Die Kasten haben abnehmbare, durch einfache Keilbefestigungen ziemlich luftdicht aufgepreßte Gußeisendeckel, deren Fugen mit Kitt abgedichtet werden. Die Fig. 21 und 22 werden die Konstruktionen einigermaßen veranschaulichen können und auch die Art der Her-

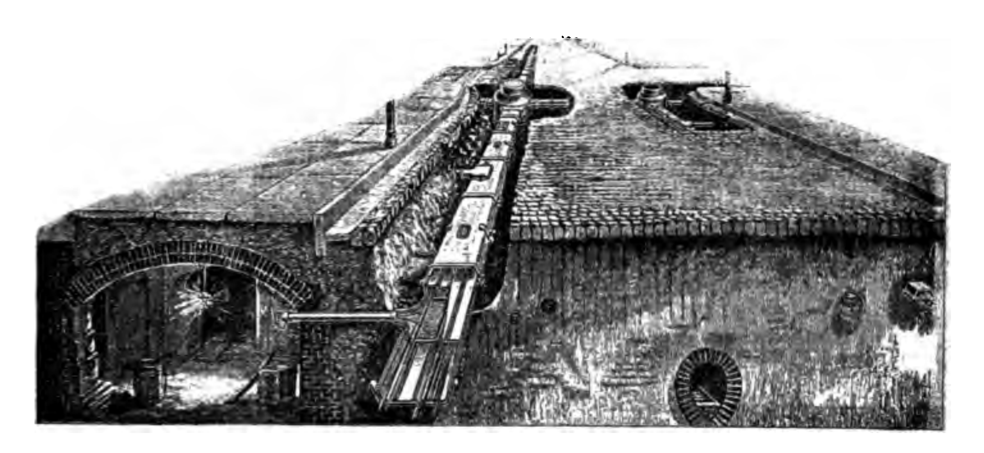


Fig. 21. Flache Kasten zur Aufnahme von Kabelleitungen.



Fig. 22. Einsteigeschacht. Verzweigungskasten eiserner Kanäle für Kabelleitungen.

stellung von Abzweigungen in die Häuser hinein und die Form der Einsteigeschächte versinnlichen.

Es sei aber schon hier auf die Gefahren hingewiesen, welche solche, wenn auch noch so gut ventilierten unterirdischen Hohlräume für die Ansammlung explosibler Gasgemische involvieren und die — mag auch sonst die Bequemlichkeit solcher Kanäle für nachträgliches Einziehen von Kabeln oder für Reparaturen sowie der Schutz gegen mechanische Verletzungen bei Straßenarbeiten noch so groß sein — zu großen Bedenken bei diesen Kanalsystemen Anlaß geben.

b) Ursachen eventuell eintretender Leitungsfehler.

Wenn wir in diesem Abschnitte vornehmlich die Fehlererscheinungen an Kabelnetzen ins Auge fassen, so geschieht dies erstens mit Rücksicht auf die allgemeine Verbreitung der Kabelanlagen und ferner aus dem Grunde, weil im großen und ganzen dieselben Faktoren auch bei Störungen anderer Leitungssysteme in Frage kommen, endlich deshalb, weil über die Kabelstörungen bisher die meisten Erfahrungen vorliegen. Wir wollen im allgemeinen innere und äußere Fehlerquellen unterscheiden, bemerken jedoch von vornherein, daß diese Trennung nicht absolut scharf durchzuführen ist.

Die inneren Fehlerursachen müssen zweifellos als die weitaus gefährlichsten angesehen werden, denn sie treten gleichsam als ein „schleichendes Uebel“ auf und können in ihren ersten Entwickelungsstadien lange Zeit verborgen bleiben. Zudem sind dieselben meistens in der ganzen Herstellungsweise der Kabel begründet und machen durchgreifende nachträgliche Abhilfemaßnahmen fast ganz unmöglich.

Wenig erforscht sind bisher diejenigen Fehlerquellen, welche auf elektrolytische Prozesse zurückgeführt werden können. Mag man direkte, wenn auch schwache Polarisationserscheinungen auf Grund der Anwendung verschiedener Metalle (Blei, Eisen u. s. w.) innerhalb des feuchten Erdreiches annehmen, oder auch ähnliche elektrolytische Zersetzungen vermuten, wie sie bei dem Auftreten „vagabundierender“ Ströme, insbesondere z. B. bei elektrischen Bahnen mit blanker Rückleitung in Amerika beobachtet sind und die bedeutende zerstörende Wirkungen auf die Rohrleitungen der Straßen ausgeübt haben, jedenfalls ist die Möglichkeit solcher schädlichen Prozesse nicht ausgeschlossen.

Mehrfach beobachtet wurden aber bereits direkte chemische Einwirkungen z. B. auf den Bleimantel der Kabel. Diese chemischen Einflüsse sind einmal auf die im Erdreiche der Städte nicht selten vorkommenden säurehaltigen Substanzen zurückzuführen (z. B. beobachtet an den Droschkenhalteplätzen, Ausgüssen, in der Nähe chemischer Fabriken u. s. w.) oder auch direkt in der chemischen Beschaffenheit der zur Isolation der Kabel benutzten Imprägnierungsmaterialien (Teerarten u. dergl.) zu suchen. Derartige chemische Agentien können allmählich den Bleimantel oder sonstige Isolationshüllen der Leitungen zerstören und so Stromübergänge, Erdschlüsse mit ihren weiteren Folgen herbeiführen.

Wenn gegen diese Art innerer Fehlerquellen mithin eigentlich nur durch Verwendung als säurebeständig erprobter Materialien, jedenfalls also nur bei der Fabrikation der Kabel selbst vorgebeugt

werden kann, so ist einer anderen Klasse von Störungsursachen, nämlich den durch Feuchtigkeit selbst hervorgerufenen Fehlern auf mehrfache Art zu begegnen. Es möge überlassen bleiben, ob man die direkt durch Feuchtigkeitseinflüsse hervorgerufenen Fehler mehr den inneren oder äußeren Ursachen zurechnen will, jedenfalls bilden dieselben ein Hauptkontingent der Störungserscheinungen.

Es handelt sich in diesem Kapitel nur um die durch unmittelbares Hinzutreten von Wasser zu den Leiterteilen verursachten Defekte. Die Einflüsse können sich daher am unmittelbarsten an den Armaturteilen und Montagestücken der Leitungen geltend machen, wie z. B. an den Muffen, Klemmen, Stutzen, Abzweigekasten, Hausanschlußbrettern u. s. w., kurz an allen denjenigen Punkten des Netzes, wo die freien Kabellängen endigen, in andere übergehen, sich verzweigen oder sonst an Extraarmaturen angeschlossen sind. Hierbei ist daher auf wasserdichte Montage die Hauptaufmerksamkeit zu richten. Man erwäge in dieser Hinsicht, daß z. B. bei einem Leitungsnetze, wie in Berlin, mit ca. 750 km einfacher Kabellänge (ohne Anrechnung der Hausanschlüsse) viele Tausende solcher accessorischen Teile des Leitungsnetzes installiert sind und daher die Möglichkeit solcher Fehlerquellen recht nahe liegt. Die am häufigsten wiederkehrenden Fehler durch Eindringen von Feuchtigkeit entstehen entweder durch Unachtsamkeit, mangelhafte Montage oder Benutzung ungenügender Materialien. In ersterer Hinsicht geschieht manchmal, insbesondere bei schnellen (nächtlichen) Arbeiten das Ausgießen der Muffenschalen, Stutzen u. s. w. mit der Isoliermasse nicht vollkommen; es trägt auch unter Umständen die Beschaffenheit der Isoliermasse dazu bei, sofern dieselbe nicht rein und gutflüssig ist und sich beim Festwerden ungleichmäßig zusammenzieht, sodaß das Gefüge der erstarrten Masse Risse und Schlieren aufweist, durch welche sich Flüssigkeitsfäden allmählich bis zum innen liegenden blanken Leiterstücke hindurchziehen können. Bei Abzweigekästen (Fig. 18 und 19) (Einsteigeschächten) spielt besonders die Qualität der Deckeldichtung und die Sicherheit der Verschraubung eine Rolle. Es ist daher besonders auf einen luftdichten Abschluß der (Gummi- oder dergl.) Dichtung und ein gleichmäßig festes Anziehen der Deckelschrauben zu achten. Von neuerdings versuchten anderen Kastenabschlüssen sei eine der bekannten Taucherglocke (wie bei Gasreservoiren) ähnliche Konstruktion erwähnt, bei welcher also das Wasser selbst den Abschluß nach außen hin bildet, und ein sich innen entwickelnder Ueberdruck das Eindringen des Wassers in das Kasteninnere verhüten soll. Auf die Möglichkeit von Explosionen bei Eindringen von Wasser in solche Hohlräume wird noch später hingewiesen werden. — Endlich kommt es bei der Anlage der Hausanschluß-Schaltbretter (Fig. 23) vornehmlich auf den Schutz gegen Feuchtigkeit an. An diesen unmittelbar durch die Hauseinführungskabel mit den Straßenleitungen in Verbindung stehenden und Bleisicherungen ent-



Fig. 23. Dreileiter-Hausanschluſs-Schaltbrett mit Bleisicherungen.

haltenden Schalttafeln wird man kaum einen allen Anforderungen genügenden wasserdichten Verschlußkasten vorsehen können, und es muß daher wenigstens auf die sorgfältige Abhaltung der an den Kellerwänden nicht selten herabrieselnden Feuchtigkeit u. dergl. durch genügende Entfernung des Schaltbrettes von der Wand (z. B. mittels Isolatorknöpfen) gesorgt werden. Nicht selten zieht sich von diesem Schaltbrett aus Feuchtigkeit in den engen Raum zwischen Juteumspinnung der Kupferseele und Bleimantel hinein und kann so längere Stücke der Kabel ruinieren und größere Erdschlüsse mit deren Feuersgefahren zur Folge haben.

Auf die große Zahl nur vereinzelt vorkommender Störungsfälle durch Zutritt von Feuchtigkeit gehen wir nicht weiter ein, sondern kommen nunmehr zu den durch äußere mechanische Verletzungen hervorgerufenen Kabelfehlern. Auch hier lassen sich verschiedene Gattungen von Defekten unterscheiden und zwar im allgemeinen solche, welche bei der Kabelverlegung selbst, und andere, die durch verschiedene sonstige Arbeiten im Straßenkörper herbeigeführt werden können.

Daß die Konstruktion der eisenbandarmierten Bleikabel und überhaupt wohl ebenso aller anderen Kabelarten zwar eine sehr rasche und bequeme Verlegung, aber andererseits angesichts ihrer Empfindlichkeit eine große Behutsamkeit und Sorgfalt der Behandlung, Montage u. s. w. erfordert, ist bereits früher betont worden. Der Bleimantel — als der Hauptfaktor der Isolation — ist vor allem leicht Beschädigungen ausgesetzt, und wenn auch die Eisendraht- oder Bandarmierung in gewissen Grenzen einen mechanischen Schutz bietet, so bleibt doch eine Reihe von Fehlerquellen zu beachten. Beim Transport, dem Abladen und Auslegen der zu Ringen aufgerollten Kabel kann bei hartem Aufschlagen auf das Pflaster leicht der Bleimantel eingedrückt werden, wobei die scharfen Kanten der Eisenbandwickelung in das Blei unter Umständen noch einschneiden. Ebenso kann auch ein zu festes Stampfen der Erde bei der Verlegung den Bleimantel eindrücken und so eine zunächst unmerkliche, allmählich aber sich vergrößernde Leckstelle herbeiführen. Noch bedenklicher ist ein zu kurzes Biegen starker Lichtkabel um scharfe Ecken oder beim Transporte zu Ringen, da der Bleimantel hierbei einreißen kann. Ebenso ist die Verdrehung von Kabeln bei dem Zusammenpassen der Endverschlüsse, beim Aufpassen auf Unterlagestücke u. s. w. Ursache von Defekten geworden. Endlich lassen sich nicht selten Fehler auf direkte Montageversehen zurückführen, indem beispielshalber beim Abisolieren des Bleimantels (zur Montage von Armaturteilen) der Monteur mit dem Messer die darunter liegende Juteumspinnung, wenn auch nur minimal, mit einschneiden kann, und so eine fehlerhafte Verbindung zur Kupferseele schafft.

Von wesentlich größerer Bedeutung sind jedoch die durch alle Arten von Erdarbeiten unter Umständen hervorgerufenen Kabelbeschädigungen, da dieselben als die Interessen der Verwaltungen berührend zum Teil zum Erlasse von Polizeiverfügungen Veranlassung gegeben haben.

Die zahlreichsten Fehler werden durch Anhauen von Kabeln mittels Picken, Hacken oder sonstiger spitzer Werkzeuge für Erdarbeiten herbeigeführt, auch durch Anbohren der Kabel bei den Untersuchungen von Gasröhren seitens der Gaswerke sind solche Verletzungen möglich.

Es werden hierbei mittelst ca. 1,5 cm. dicker Erdbohrer nach vorhergegangenem Eintreiben einer spitzen Eisenstange Löcher in Abständen von einigen Metern in das Erdreich nahe den Gasleitungen gebohrt, an welchen man eventuelle Gasausströmungen wahrnehmen kann. Bezüglich der gegen solche mechanischen Verletzungen von Kabeln bei Erdarbeiten aller Art zu treffenden Vorsichtsmaßregeln verweisen wir auf einen folgenden Abschnitt. Es sei hier nur noch angeführt, daß auch das Verschieben oder Verrücken bereits liegender Kabel behufs Vornahme anderweitiger Arbeiten an Rohren u. s. w. im Straßenkörper Veranlassung zu Fehlern geben kann, indem hierbei die Kabel gedrückt oder auseinandergezerrt werden können. In letzterer Hinsicht z. B. kann leicht ein Kabel beim Verrücken aus einer Klemme herausgezogen oder gelockert und so ein Erdschluß durch Anlegen des blanken Kabelendes an die Muffenschale u. s. w. oder Eintritt von Feuchtigkeit durch die gelockerte Dichtungsstelle hervorgerufen werden.

c) Entwickelungsprozeß und Erscheinungsformen der aus den Fehlern entstehenden Störungen.

Eine der schwierigsten Aufgaben bei Eintreten größerer Netzstörungen besteht nicht selten darin, die Entstehungsursachen und den Entwickelungsprozeß des Defektes in den einzelnen Phasen nachträglich festzustellen. Es rührt dies daher, daß die ursprünglich minimalen Fehlerquellen oft mit der Zeit mehr und mehr an Umfang zugenommen haben und so die genaue Ermittelung des Thatbestandes erschweren, und ferner werden diese Schwierigkeiten oft auch noch durch den Umstand vermehrt, daß sich mit der Zunahme des Stromüberganges mehrere auseinanderliegende Herde des Kabelbrandes bilden können.

Es kommt daher darauf an, die primäre Ursache und die erst sekundären Erscheinungen zu unterscheiden.

α) Thermische u. s. w. Wirkungen der Erdschlüsse.

Wenn ein Kabel an irgend einem Punkte z. B. durch einen Pickenhieb, durch Anbohren, durch Quetschung oder dergl. so beschädigt wird, daß der Eisen- und Bleimantel sowie die Juteumspinnung durchschlagen ist, so wird die alsdann frei durch die Leckstelle zur Kupferseele des Kabels eindringende Feuchtigkeit den Isolationswiderstand gegen Erde auf einen sehr geringen Wert reduzieren, also einen sogenannten Erdschluß des verletzten Kabelpoles bewirken. Es nehmen mithin der Blei- und Eisenmantel dieses Kabels und die hiermit in Berührung befindlichen Teile der Rohrleitungen und sonstigen Metallmassen der Erde diese Polarität des defekten Kabels an. Hat ein anderer Pol des Netzes jedoch sonst keine merkliche Erdableitung, so würde eine merkbare Strombewegung durch die Erde noch nicht stattfinden können, und nur z. B. bei ev. Berührung eines anderen Poles würde eine auf feuchtem Boden stehende Person einen der Betriebsspannung entsprechenden Schlag erhalten. Hat aber einer der anderen Pole des Netzes gleichfalls Erdschluß, so würde, falls dieser Widerstand der beiden Pole gegen Erde noch ziemlich groß ist, nur ein relativ schwacher Strom sich durch die Erde verteilen.

Jedoch kann selbst eine geringe Strombewegung durch die Erde schon schädigend wirken, nämlich z. B. die mit Erdrückleitung arbeitenden Telephonleitungen störend beeinflussen. Es sind dies die sogenannten durch Starkstrombetriebe hervorgerufenen „Schwachstromstörungen“, welche schon Gegenstand vielfacher Mißhelligkeiten zwischen Elektricitätswerken und Reichspostamt gewesen sind. (Von den Störungen durch Induktion sehen wir hier ab.)

Die zu solchen Fernsprechbeeinflussungen — auftretend als sogenannte Dauerkontrolle, als Tönen der Telephone, Fallen der Tableauklappen der Relais auf den Vermittelungsämtern, Anschlagen der Wecker u. dergl. — erforderlichen Stromübergänge brauchen oft nicht mehr als ca. 1 Ampère zu betragen, es reichen Spannungsunterschiede zwischen verschiedenen Punkten der Erde (z. B. dem Orte des Amtes [Haupt-Erde] und der Erdableitung irgend eines Telephonabonnenten) von ca. $2^1/_2$ Volt bereits zur Erregung der Weckerglocken aus, während bei weniger als 2 Volt schon die Relaisklappen fallen, und bei einem kleinen Bruchteil eines Volt ein Tönen der Telephone sich störend bemerkbar macht.

In gewissem Sinne können also auch diese Schwachstromstörungen als die Interessen einer anderen Verwaltung tangierende Beeinträchtigungen angesehen werden. Wir wollen uns jedoch hier mit diesem Hinweise begnügen und werden gewisse Abhilfemaßnahmen hiergegen später besprechen.

Wesentlich umfangreicher äußert sich aber eine Kabelstörung, sofern der Stromübergang zur Erde z. B. mehrere Ampère übersteigt und stärkere thermische Effekte u. dergl. hervorruft. Um die Genesis dieser Störungen nach dem Vorerwähnten weiter zu verfolgen, bildet mithin die Armierung der Kabel den eigentliche Hauptträger der schädlichen Aeußerungen. Wenn z. B., wie es häufig der Fall ist, ein Pol des Netzes (bei dem meistens angewendeten sog. Dreileitersystem + 0 — der mittlere neutrale (0) Pol) an Erde gelegt ist, so würde mithin an sich jede Rohrleitung, jede größere mit dem Grundwasser direkt oder indirekt in Verbindung stehende Metallmasse der Erde durchweg diesen z. B. den Nullpol des Netzes (bei Dreileiteranlagen) repräsentieren. Ist aber ferner, wie angenommen, ein anderes Kabel, z. B. ein Außenleiter + oder — verletzt worden, so repräsentiert an dieser Stelle und der nächsten Umgebung die Eisen- und Bleiarmierung des betr. Kabels ebenfalls den beschädigten z. B. + Pol, und es muß mithin (bei z. B. 100 Volt Spannung zwischen + und 0 und auch 0 und —) diese Spannungsdifferenz von ca. 100 Volt sich zwischen der Kabelarmierung und den nächstliegenden Rohrteilen u. dergl. ausgleichen. Der Stromübergang selbst ist nun je nach dem Widerstande des Defektes verschieden, z. B. bei 2 Ohm Uebergangswiderstand $= \frac{100}{2} = 50$ Ampère. Der im Erdschlusse verbrauchte Effekt ist also $= 50 \times 100 = 5000$ Watt, was einer aufzuwendenden mechanischen Leistung von rund 8 Pferdestärken entsprechen würde. Die erhitzende Wirkung ist an den Punkten des größten Uebergangswiderstandes am größten, und wenn demnach z. B. ein defekt gewordenes Kabel an 5 Stellen auf Gas-, Wasser- oder sonstigen Rohrleitungen aufliegt, so werden sich unter Umständen an allen diesen 5 oft ziemlich weit auseinanderliegenden Punkten Brandstellen durch Lichtbögen bilden, am stärksten dort, wo ein loserer Kontakt stattfindet. Es ist aber durchaus nicht erforderlich, daß gerade an der ursprünglich ersten Leckstelle selbst

der Hauptherd des Brandes auftreten müßte, es kann dies ebensowohl an irgend einer oder mehreren Berührungsstellen der Armierung mit Erdrohrleitungen oder dergl. der Fall sein.

Aus diesen Erwägungen ergeben sich daher auch die rationell zu treffenden Sicherheitsmaßregeln gegen solche Starkstromstörungen, welche infolge des Glühendwerdens der Kontaktpunkte und der Lichtbögen bez. Unterbrechungsflammen nicht selten starke Brandschäden herbeiführen können.

β) Explosionswirkungen.

Es kommt noch eine andere Art von Störungserscheinungen in Betracht, nämlich die durch Starkströme verursachten Explosionen. Wenn solche Fälle auch sehr selten sich ereignet haben, so erfordern sie doch ernste Beachtung. Es handelt sich um die Möglichkeit von Leuchtgas- und Knallgasexplosionen.

Was zunächst die Zündungen von Leuchtgas-Luft-Gemischen betrifft, so können dieselben bei Kabelnetzen deshalb wohl nur selten auftreten, weil Hohlräume unter der Erde, welche zur Ansammlung von Gasgemischen dienen könnten, hierbei nur vereinzelt vorkommen. Es könnte sich eher um Häuserkeller handeln, die ja schon in den Rayon der Hausinstallationen zu rechnen sind, oder um die gelegentlich vorkommenden Brückenüberführungen von Kabeln in Gestalt von langgestreckten Kästen, Kanälen oder Röhren, in welche Gase einströmen können, und die geringen Hohlräume um oder über Einsteigeschächten u. s. w. Näher liegt die Gefahr von Leuchtgasexplosionen bei Kanalsystemen, wie sie früher beschrieben wurden. Jedoch wird eine reichliche Anbringung von Luftlöchern, Ventilationsschächten oder eine künstliche Ventilation diese Gefahren beseitigen lassen. (Siehe Fig. 20.)

Die Knallgasexplosionen hingegen können sich wohl nur in an sich mit hermetischem Abschluß versehenen Kästen oder dergl. bilden. Wenn z. B. in einen Kabelabzweigekasten (Fig. 18 u. 19) infolge mangelhaften Abschlusses des Deckels Wasser eindringt, so wird dieses infolge der mit Spannungsdifferenzen von 100 oder mehr Volt in die Flüssigkeit hineinragenden Elektroden zersetzt, und es bildet sich Knallgas. Wenn sich infolge eines besonderen Zufalles, wie schon vorgekommen, z. B. durch nachher eintretenden starken Frost, die kleine Oeffnung durch Eis wieder verschließt, so kann eine verhängnisvolle Explosion des durch den Lichtbogen des Stromüberganges entzündeten Knallgases eintreten. Auch hiergegen aber lassen sich Sicherheitsvorkehrungen treffen.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß bei den auf dem Kontinent bei städtischen Gleichstromcentralen in der Regel üblichen geringen Betriebsspannungen eine Zündung oder ein Durchschlagen infolge von selbst überspringenden Funken ausgeschlossen ist, da, wie anfangs erwähnt, bei Spannungen von wenigen hundert Volt Funkenentladungen nicht auftreten können. Die hier geschilderten Zündungen werden durch lichtbogenartige Flammen erzeugt, welche sich bei der Entfernung zweier in die Stromleitung eingeschalteter Leiter-Teile, also an Kontakt- und Uebergangsstellen in Gestalt von Unterbrechungslichtbögen (wie bei Bogenlampen) bilden und bekanntlich außerordentlich hohe Temperaturen (nach H. F. Weber im Lichtbogen von Bogenlampen im Mittel ca. 2030° C.) erzeugen.

d) Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung bez. Bekämpfung der Leitungsstörungen.

Angesichts der vitalen Interessen der vielen zur öffentlichen Benutzung dienenden Leitungen und Anlagen, welche sich im Straßenkörper der Städte u. s. w. befinden, muß die Frage der sicherheitstechnischen Einrichtungen zur Verhütung oder möglichsten Verminderung der Gefahren von Starkstromnetzen einen Gegenstand der besonderen Fürsorge und Aufmerksamkeit bilden.

Im großen und ganzen könnte man in dieser Hinsicht die Prohibitivmaßnahmen als die Vorkehrungen zur Verhütung größerer Gefahren einerseits und die Maßregeln und Vorschriften zur möglichst schnellen Beseitigung entstandener Störungen andererseits unterscheiden. Jedoch ist diese begriffliche Trennung nur schwer streng durchzuführen. Wir legen daher eine übersichtlichere Einteilung zu Grunde, indem wir unterscheiden

1) elektrische Sicherheitseinrichtungen,
2) mechanische Schutzmaßregeln,
3) administrative Maßnahmen

zur möglichsten Verhütung der Gefahren von öffentlichen Starkstromleitungsnetzen.

α) Elektrische Sicherheitsvorrichtungen.

Wenn wir auch schon gelegentlich verschiedener elektrischer Sicherheitsvorrichtungen Erwähnung gethan haben, die vornehmlich als Stationssignalapparate im centralen Betriebe Benutzung finden, so kommen für vollkommen eingerichtete Netze doch noch eine Reihe besonderer Systeme von Sicherheitseinrichtungen in Frage.

αα) Abschmelzsicherungen und Automaten.

Die weitaus wichtigsten Installationsteile dieser Art sind die schon mehrfach erwähnten Abschmelzsicherungen. Es gilt als Regel, daß jeder Pol und jede Leitung am Anfang und Ende und an jeder Verzweigungsstelle mit einer genau bemessenen Sicherung versehen wird. Bezüglich der Bemessung und der Funktionen der Bleisicherungen verweisen wir auf die Bemerkungen in § 15. — Um auch jede Hausinstallation von allen benachbarten Hausanschlüssen nach Möglichkeit unabhängig zu machen, stattet man vorteilhaft auch die unter dem Straßenpflaster liegende Abzweigeklemme der Verteilungsleitung mit einer Sicherung (in Fig. 17 nicht enthalten) aus, welche bei einem Kurzschluß oder einer abnormen Belastung der betr. Installation abschmilzt. Es werden in diesem Falle die Nachbarinstallationen dieser Verteilungsleitungsstrecke von dieser Störung nicht beeinflußt. Betreffs der zulässigen Belastung der Straßenkabel gehe man mit Rücksicht auf die Erhaltung einer guten Isolation nicht zu weit; es ist üblich, Kabel über ca. 800 qmm Kupferquerschnitt mit kaum mehr als 1 Ampère Stromdichte per 1 qmm Kupferquerschnitt zu belasten. — Es ist ferner auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß die zur Zeit geringeren Betriebes arbeitende Dynamomaschine bezw. Batterie auch imstande sein sollte, möglichst auch noch die stärkste im Netz vorkommende Sicherung zum Abschmelzen zu bringen

Denn es muß zur schnellen und radikalen Beseitigung eintretender Kabelstörungen beachtet werden, daß in der Promptheit des Funktionierens die Abschmelzsicherungen durch Ausschaltung der defekten Leitung von Hand selbst unter günstigsten Umständen und bei sofortiger Fehlerauffindung nicht ersetzt werden können. Es ist überhaupt, wenn irgend möglich, selbst in Fällen umfangreichster Störungen der Betrieb, d. h. die Spannung im Netz, aufrecht zu erhalten. Entschließt man sich erst dazu, den Strom abzustellen, so ist bei ganz stromlosem Netz in der Regel die Fehlererkennung und Beseitigung nicht unbeträchtlich erschwert. In sicherheitstechnischer Hinsicht würde die Möglichkeit einer schnellen Netztrennung am günstigsten natürlich dadurch zu erreichen sein, daß man möglichst jeden Zuleitungsbezirk gesondert anordnet, also keine geschlossenen Ausgleichs- und Verbindungsleitungen zwischen den verschiedenen Rayons herstellt. Andererseits aber wird von einer solchen distriktweisen Netzanlage aus Rücksicht auf den Mangel einer gleichmäßigen durch inneren Ausgleich bezweckten Selbstregulierung in der Regel Abstand genommen. In diesem Falle eines völlig geschlossenen Netzes ist natürlich die Abtrennung einzelner kleinerer oder größerer die Fehlerstellen enthaltender Netzdistrikte nur erheblich langwieriger zu bewerkstelligen, radikal eigentlich eben am besten durch eine mittels forcierten Betriebes bewirkte Schmelzung der Sicherungen zu bewirken. Im allgemeinen gilt hinsichtlich der Betriebssicherheit der Satz, daß diese um so größer ist, je vollkommener die Unterteilung des Netzes, d. h. je kleiner die Ausdehnung der einzelnen Rayons und je größer also die Zahl der gesonderten Feederleitungen. — In einzelnen Fällen pflegt man statt der Abschmelzsicherungen automatische Starkstromausschalter anzubringen (Fig. 9).

ββ) Störungsmeldeapparate.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung der Signalapparate, welche zur automatischen Anzeige auftretender Isolationsfehler dienen sollen. Wir übergehen hier jedoch mit Rücksicht auf den Raum die Darlegung derjenigen Methoden, mittels deren durch Messungen auch während des Betriebes eine Bestimmung der Größe uud des Ortes eines Defektes ausgeführt werden kann (Fig. 6). Eine eingehende mathematische Darstellung dieser Methoden zur Fehlerbestimmung hat Frölich (E. T. Z. 1893) gegeben.

Von besonderer praktischer Bedeutung für einen vielgestaltigen Betrieb mit seinen zahllosen täglichen, wenn auch geringen Zufälligkeiten, z. B. plötzlichen Stromstößen, Kurzschlüssen u. s. w., sind absolut automatisch wirkende Apparate, die keiner besonderen Bedienung bedürfen und das Eintreten von Fehlern womöglich schon in den ersten noch an sich ungefährlichen Stadien der Entwickelung in der Centrale sofort signalisieren. Einige für kleinere Anlagen (Blockstationen u. dergl.) in der Regel ausreichende einfache Erdschlußanzeiger haben wir schon in § 11d und § 15 beschrieben (Fig. 7 u. 8). Mit diesen Instrumenten kann aber nur der Gesamtisolationszustand einer Anlage, nicht aber der Ort des Fehlers ermittelt werden. Diese Ortsbestimmung des Fehlers ist aber bei ausgedehnten Netzen ein Moment von der größten Bedeutung. Die Anzeige des ungefähren Fehlerortes kann aber nur

durch Zuhilfenahme besonderer Drahtleitungen erfolgen, welche von der Centrale nach verschiedenen Bezirken des Netzes hinführen. Je größer die Zahl derartiger Kontrollleitungen ist, desto genauer wird der Punkt des Fehlers in der Centrale angezeigt. Diesem Zwecke können am vorteilhaftesten die, wie schon erwähnt, in der Regel in die Kabel miteingesponnenen „Prüfdrähte" dienen, welche außerdem zur genauen Kontrolle der an den verschiedensten Punkten des Netzes herrschenden Spannung benutzt werden. Eine Reihe von Kontrollsystemen dieser Art, welche auf verschiedenen Prinzipien basieren, sei im folgenden kurz erläutert.

Ein von Agthe herrührendes System (Fig. 24) benutzt die Prüfdrähte zur automatischen Fehleranzeige, ohne daß dadurch die gleichzeitige Bestimmung derselben zur Spannungsmessung beeinträchtigt würde. Von den Sammelschienen (+ und —) S der Centralstation zweigen sich die parallel geschalteteten Speiseleitungskabel K ab, von denen jedes einen bestimmt bemessenen, mit den Nachbarrayons aber in geschlossener metallischer Verbindung stehenden Bezirk mit Strom zu versorgen hat.

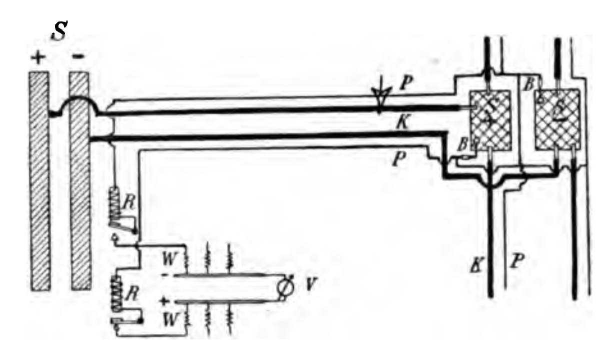


Fig. 24. System zur automatischen Anzeige von Kabelverletzungen.

Dieselben endigen in den Einsteigeschächten (Fig. 18 u. 19), in welchen sich die Verteilungskabel des Bezirkes von den Sammelschienen $s\ s$ des Kastens abzweigen. Die innerhalb des Blei- und Eisenmantels der Kabel liegenden und nur durch eine Juteschicht von der Kupferseele getrennten Prüfdrähte P sind im Kasten unter Zwischenschaltung dünner Bleifäden B als Abschmelzsicherungen an die den Kabelseelen entgegengesetzten Pole angeschlossen. Es herrscht also z. B. eine Spannungsdifferenz von 100 Volt zwischen Prüfdraht und zugehöriger Kabelseele und zwar in Speise- und Verteilungsleitungen. Jedoch sind die Prüfdrähte nur innerhalb ihres Speiserayons untereinander verbunden, stehen aber zum Unterschiede von den Kabelseelen mit den Nachbarrayon-Prüfdrähten in keiner leitenden Verbindung. Es ist also das Netz gleichsam in eine der Zahl der Speiseleitungen entsprechende Reihe von gesonderten Prüfdrahtbezirken eingeteilt. Die Prüfdrähte enthalten in der Centrale noch je ein Relais R und einen Vorschaltwiderstand W (von mehreren Hundert Ohm) und sind alle parallel an gemeinsame Schienen angeschlossen, an denen mittels des Voltmeters V die herrschende mittlere Netzspannung kontrolliert werden kann. Wird nun ein Kabel z. B. durch einen Pickenhieb verletzt, so erhält der isolierte Prüfdraht P an dieser Leckstelle mit der

Kabelseele *K* Kontakt, der Bleifaden *B* schmilzt ab, und damit ist die Spannungsdifferenz zwischen *P* und *K* aufgehoben. Das sonst nur von schwachem Strome durchflossene Relais *R* des defekten Kabelprüfdrahtes wird infolge der nunmehr zwischen diesem Prüfdrahte und der Schiene der anderen Prüfdrähte erzeugten großen Spannungsdifferenz stärker erregt, zieht seinen Anker an und zeigt mittels Weckersignals oder dergl. unter gleichzeitiger Unterbrechung des defekten und von da ab sonst die mittlere Spannung *V* störenden Prüfdrahtes die Störung und den ungefähr einem Häusercarré entsprechenden engeren Bezirk des Fehlers an. Alsdann kann durch Lostrennung der Prüfdrähte am Verzweigungspunkte der genaue Ort (Häuserfront) der Kabelstörung sofort ermittelt und die Störung durch Herausnehmen der Kabelsicherungen beseitigt werden.

Aehnlich ist das in Fig. 25 dargestellte, von Kallmann erfundene Störungsmeldesystem eingerichtet.

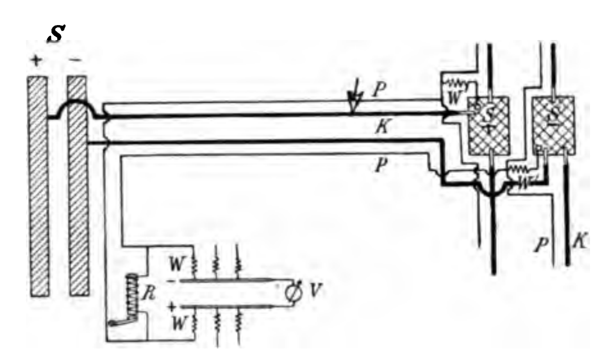


Fig. 25. System zur automatischen Anzeige von Kabelverletzungen.

Während alle übrigen Anordnungen im wesentlichen dieselben, wie vorerwähnt, bleiben, ist hierbei eine höhere Spannungsdifferenz zwischen Prüfdraht und zugehöriger Kabelseele vermieden. Hier werden die Prüfdrähte *P* unter Einschaltung von Widerstandsrollen *W* im Kasten an dieselben Pole, wie diejenigen des zugehörigen Kabels sind, angeschlossen. Je nach der Wahl des Widerstandes kann man demnach den Spannungsunterschied zwischen Prüfdraht und Kabel beliebig wählen (z. B. ca. 25 Volt). Ein zwischem den + und — Prüfdraht eingeschaltetes Relais *R* zieht seinen Anker an, wenn das Kabel an einer Stelle verletzt und der Prüfdraht den direkten Pol, also (infolge Kurzschließens des Widerstandes *W*) eine höhere Spannung angenommen hat. Die dadurch bewirkte Signalisierung gestattet, wie früher, die sofortige Auffindung und Beseitigung des Kabelfehlers.

Die beiden genannten Meldesysteme zeigen auch das Eindringen von Wasser in die Abzweigekästen oder Hausanschlüsse sofort an, indem durch diese Feuchtigkeit ebenfalls, wie durch eine mechanische Verletzung, eine gut leitende Verbindung zwischen dem Prüfdraht und der Kabelseele hergestellt und somit die sonst zwischen beiden herrschende Spannungsdifferenz aufgehoben wird. Das Signalrelais zeigt also diese Störungen durch Feuchtigkeit ebenfalls unmittelbar an, sodaß man das Eintreten event. Knallgas-Explosionen noch rechtzeitig verhüten kann.

Eine erheblich allgemeinere Anwendbarkeit als die beiden vorher genannten und nur für Kabelnetze benutzbaren Einrichtungen besitzt das von Kallmann erfundene, in den Fig. 26 und 27 dargestellte automatische Störungsmeldesystem.

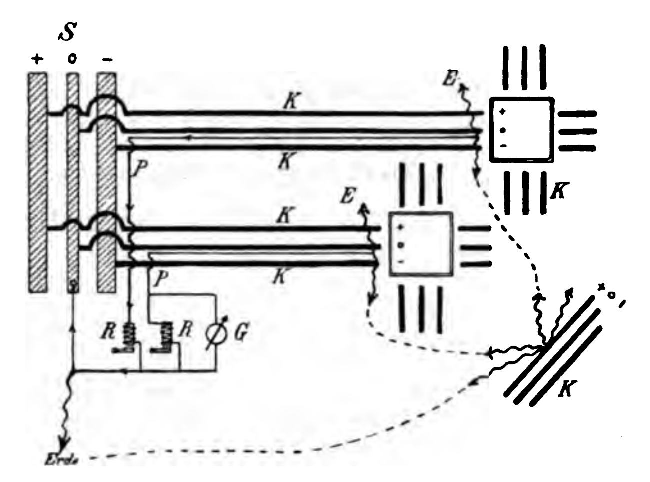


Fig. 26. System zur automatischen Fehleranzeige und Störungsmeldung.

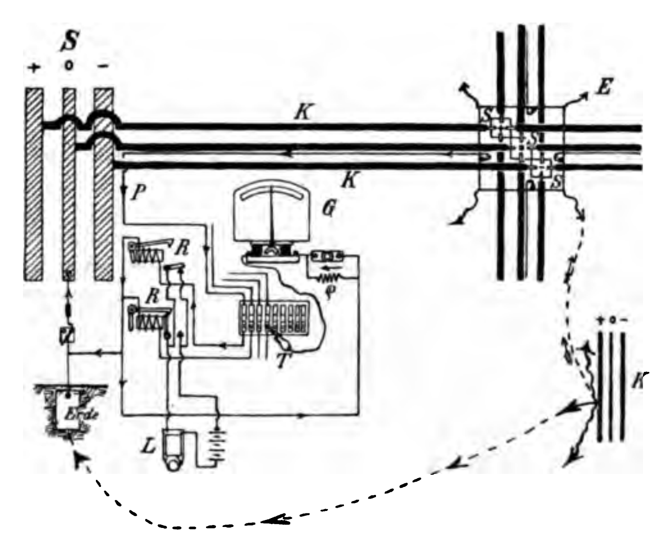


Fig. 27. System zur automatischen Fehleranzeige und Störungsmeldung.

Das Prinzip dieser Methode beruht natürlich ebenfalls auf der Verwendung von Prüf- oder Kontrolldrahtleitungen *P*, welche von der Centrale *S* nach den verschiedenen Bezirken des Leitungsnetzes isoliert hingeführt sind. Am besten benutzt man z. B. die Prüfdrähte neutraler Kabel, wie in den Skizzen angedeutet ist, wenn das Netz im Drei- oder Mehrleitersystem angelegt ist. Diese Kontrolldrähte *P* werden in der

Centrale unter Zwischenschaltung von Schwachstromrelais R (wozu z. B. Telephontableauklappen dienen können) an Erde gelegt, d. h. z. B. mit der Gas- und Wasserleitung verbunden. Die Enden der Prüfdrähte in den Netzrayons werden ebenfalls dortselbst an möglichst vielen Punkten an „Erde" angeschlossen. Man kann also mittels dieser Kontrolldrähte an einem Galvanometer G in der Centrale die Spannung zwischen den verschiedensten Erdpunkten gegenüber der Erdspannung der Centrale messen. Solange kein Stromübergang zur Erde stattfindet, herrschen auch keine oder nur verschwindende Potentialdifferenzen in der Erde. Sobald aber irgend ein Isolationsfehler eines + oder — Poles auftritt, sucht der Strom gleichzeitig durch die Erde hin seinen Ausgleich zu finden, d. h. zu dem in der Centrale an Erde gelegten entgegengesetzten Pole (0) zurückzufließen. Wie die Pfeile und die gestrichelten Linien andeuten, finden also entsprechend der Spannungsdifferenz der mit verschiedenen Potentialen der Leitungen in Kontakt befindlichen Erdpunkte Strombewegungen in der Erde statt, welche entweder bei geringen Isolationsfehlern und Strömen von z. B. nur wenigen Ampère nur auf benachbarte Fernsprechleitungen störend einwirken dürften (vergl. § 17 c), bei starken Erdschlüssen (von z. B. mehreren Hundert Ampère) jedoch auch Schmelzungen oder Erhitzungen von Metallmassen und dergl., sogar Brand- und Explosionsgsfahren herbeiführen können. Durch diese, wenn auch nur minimalen Potentialverschiedenheiten der Erde (von z. B. 1,5 Volt an) werden aber die Relais R erregt, sodaß man an dem Fallen einer solchen Tableauklappe R sofort die Gegend, d. h. den Bezirk des Erdschlusses automatisch durch Glockensignal L angezeigt erhält. Die Details dieser Anordnung zeigt Fig. 27. Ist der Isolationsfehler nur erst gering, so kann man den Ort des Isolationsfehlers doch schon an dem Galvanometerausschlag G erkennen, wenn man den Kontaktstöpsel T über die neben einander angeordnete Reihe von Kontaktstücken hinüberführt und so nacheinander die Erdspannung der verschiedenen Netzbezirke mißt. Der größte Ausschlag entspricht dem Orte des Isolationsfehlers.

Dieses Kallmann'sche System der automatischen Störungsmeldung ist sowohl für Kabelnetze wie für Kanalsysteme (z. B. von Monier) und für oberirdische Luftleitungsnetze gleichermaßen anwendbar, sofern man nur isolierte Kontrolldrähte nach den verschiedensten Netzpunkten hinführt und dort an „Erde" anschließt. Es werden ferner, wie ersichtlich ist, nicht nur direkte, grobe, mechanische Kabelverletzungen, sondern auch geringe z. B. durch Feuchtigkeit oder dergl. entstandene Isolationsfehler, gleichviel ob der Straßenleitungen oder der Hausinstallationen, automatisch in der Centrale angezeigt.

$\gamma\gamma$) Indirekte Systeme zur Erhöhung der Sicherheit.

Wenn wir die speziellen elektrischen Sicherheitsvorkehrungen an Leitungsnetzen ausführlicher besprochen haben, so brauchen wir hingegen die indirekt hierbei mitwirkenden allgemeinen Eigentümlichkeiten der Betriebssysteme nur flüchtig zu berühren. Denn wie schon öfter betont, greifen mannigfache Faktoren bei Beurteilung dieser sicherheitstechnischen Probleme ineinander, deren jeder unter besonderen Umständen oft ausschlaggebend sein kann, aber doch an sich nur in

zweiter Reihe den besonderen Charakter einer Sicherheitsvorkehrung trägt.

Akkumulatorenbetrieb.

Zunächst wären in dieser Beziehung die Akkumulatoren anzuführen, deren Verwendung, abgesehen von ihrer dämpfenden und beruhigenden Wirkung auf den Betrieb selbst, insofern zur Sicherheit wesentlich beiträgt, als einmal diese Reserve in Fällen von Betriebsunregelmäßigkeiten den Dynamos die ungestörte Stromabgabe ermöglicht, und ferner hierdurch bei Störungsfällen an Leitungen u. s. w. die Beseitigung der Fehler erleichtert wird Sobald ein plötzlicher Erd- oder Kurzschluß eine sehr bedeutende Mehrbelastung der Dynamos herbeiführt, würde ohne Parallelbetrieb von Akkumulatoren leicht die Spannung und damit die Leistung erheblich herabgemindert, vielleicht sogar (z. B. durch die übermäßige Funkenbildung am Kommutator) ein weiterer Betrieb ganz unmöglich gemacht werden. Es gelänge daher u. U. oftmals kaum, die Sicherungen durch erhöhte Stromabgabe zum Schmelzen zu bringen, und so am schnellsten und radikalsten die defekte und störende Leitungsstrecke selbstthätig abzuschalten, wenn nicht die Akkumulatoren zur Aufrechterhaltung der Spannung so erheblich beizutragen imstande wären.

Unisolierter Mittelleiter.

Während so einerseits das System der Stromerzeugung zur Erhöhung der Betriebssicherheit beträchtlich mitwirken kann, lassen sich auch am Leitungsnetz selbst Einrichtungen zur Verminderung der Störungsgefahren treffen. In erster Linie kommt hierbei der unisolierte Mittelleiter bei Mehrleitersystemen in Betracht. Bei einer Dreileiteranlage z. B. als dem verbreitetsten System führt theoretisch die neutrale Mittelleitung gar keinen Strom, wenn die Stromstärke in beiden Netzhälften (+0 u. — 0) gleich groß ist. Wenn nun mit der Zeit z. B. der — Pol einen nicht zu beseitigenden Erdschluß bekommt, so würde an sich noch keine störende Wirkung auftreten. Tritt aber noch außerdem ein Isolationsfehler eines anderen Poles, z. B. des + Leiters, ein, so bildet sich ein Stromübergang zur Erde, und entsprechend der in der Regel über 200 Volt betragenden Außenleiterspannung ist die im Erdschluß verzehrte Energie relativ bedeutend. Man kann aber ceteris paribus diese Gefahr auf ca. $^1/_4$ des Effektes reduzieren, wenn man ein für allemal einen dauernden Mittelleitererdschluß einführt, entweder indem man den 0-Leiter von vornherein unisoliert verlegt, oder indem man nachträglich an möglichst zahlreichen Stellen die neutralen Leitungen mit Gas- und Wasserrohren direkt verbindet. Alsdann kann im eben genannten Falle höchstens eine Erdschlußspannung von ca. 100 Volt (+ 0 oder — 0) auftreten, damit ist die sonst schon unangenehm fühlbare Empfindung für eine auf der Erde stehende und die Leitungen zufällig berührende Person stets auf den geringen der halben Außenleiterspannung entsprechenden Schlag reduziert, und ferner die in einem Erdschluß eines Kabels sich entwickelnde und ev. Brandgefahren verursachende Energie auf $^1/_4$ des sonst möglichen Maximalwertes verringert. Ferner ist die Ausdehnung der Störung durch Anwendung des „blanken", d. h. an Erde liegenden Mittelleiters erheblich beschränkt, indem die überall den direkten neu-

tralen Pol darstellenden Rohrmassen und dergl. sofort schon an oder in der nächsten Umgebung der Leckstelle den thermischen Störungseffekt, Schmelzungen u. s. w. herbeiführen, ohne daß diese Stromübergangspunkte erst weitere Kreise in den Bereich der Störung ziehen. Noch günstiger gestaltet sich diese Wirkung, wenn auch die Blei- und Eisenarmierung der Kabel möglichst gut mit dem neutralen Pole verbunden würde, indem alsdann der Erdschluß, ohne weitere Gebiete zu stören, nahezu ganz in einen Kurzschluß zwischen der defekten Kabelseele und dem dicht dabei liegenden entgegengesetzt polarisierten Blei- und Eisenmantel übergeht. Hierdurch würde fast momentan infolge des verschwindenden Uebergangswiderstandes an der Leckstelle selbst ein starker Stromausgleich entstehen und die Sicherungen würden bedeutend schneller zum Abschmelzen gebracht werden, als es sonst bei Erdschlüssen infolge der nur langsam zunehmenden Erdstromintensität der Fall wäre. Die Erdschlußstörung bliebe also nahezu ganz lokal und beseitigte sich in kürzester Zeit von selbst. Als ein weiterer Vorteil kann der durch das Anerdelegen des Mittelleiters ermöglichte Fortfall aller Sicherungen des neutralen Leiters bezeichnet werden, sodaß hiermit und mit der Verminderung der Zahl derartiger, einer steten Beaufsichtigung bedürfenden Armatur- und Sicherungsteile eine größere Einfachheit und Sicherheit der Anlage erzielt wird. — Da die städtischen Fernsprechanlagen z. Zt. ein bereits unentbehrlich gewordenes modernes Hauptverkehrsmittel bilden, so kann endlich auch der Umstand als ein großer Vorteil des unisolierten Mittelleiters von allgemeinerer Bedeutung angesehen werden, daß wahrscheinlich durch Anwendung dieses Systems die den Fernsprechverkehr u. A. störenden Beeinflussungen durch „vagabondierende" Stromübergänge aus dem Starkstromnetze fast völlig verhütet werden können.

Isolierung der Kabel gegen Rohrleitungen u. dergl.

In ähnlicher Weise, wie die durchgreifende Verbindung aller Kabelarmierungen mit dem neutralen Pole, kann auch die Isolierung der Kabel gegen Rohrleitungen und Metallmassen des Erdreiches zur Verringerung der Störungserscheinungen beitragen. Zu diesem Zweck stellt man gleichsam „Schutzzonen" um die elektrischen Lichtkabel her, indem man einen gewissen Minimalabstand von ca. 25 cm zwischen ihnen und benachbarten Rohrleitungen im Straßenkörper innehält,. oder, wo die Raumverhältnisse dies nicht gestatten, durch Zwischenlagen von Steinen oder Umlegen von glasierten Thonschalen um die Kabel oder Röhren die metallische Berührung zwischen diesen verhütet. Es wird dadurch der Störungsprozeß beschleunigt und mehr lokalisiert, indem sich alle Stromausgleichsphänomene fast nur noch innerhalb der Kabel selbst vollziehen, ohne daß die benachbarten Rohre insbesondere an den Kontaktstellen schädigenden Einwirkungen durch Schmelzeffekte u. s. w. ausgesetzt sind. Auf diese Weise werden also auch die Leitungsmaterialien anderer Verwaltungen, wie Gas, Wasser, Rohrpost, Post u. s. w., besser gegen diese Starkstrombeschädigungen geschützt, und auch die Gefahr von ev. Gasexplosionen. Wasserschäden u. dergl. wird nach Kräften verringert.

β) Mechanische Schutzvorkehrungen.

Die letzterwähnte Sicherheitsmaßnahme, welche in der Innehaltung eines gewissen Abstandes zwischen Kabeln und Rohrleitungen oder im Ummanteln der Kabel mit isolierenden Materialien, z. B. Thonrohren, besteht, bietet aber auch in gewissem Sinne schon einen mechanischen Schutz gegen Kabelverletzungen selbst dar. Es ist bei zu großer Nachbarschaft von Kabeln, Rohren u. s. w. die Gefahr von Beschädigungen der Leitungen gelegentlich der häufigen Erd- und Montagearbeiten sonst oft recht naheliegend, und wir haben ja gesehen, welche unabsehbaren Folgen selbst die anfangs unscheinbarste Leckstelle eines Kabels nach sich ziehen kann. Infolgedessen ist Vorsicht hier sehr am Platze, und die Vermeidung zu großer Nähe und Berührung der verschiedenen Leitungen untereinander verringert diese Gefahren der Verletzungen durch Pickenhiebe, durch Anbohrungen bei Untersuchungen der Gasleitungen auf eventuelle Gasausströmungen u. dergl. beträchtlich. Außerdem würde ein eventuell vorkommender Kabelbrand nicht so bedeutende Beschädigungen der anderen im Straßenkörper liegenden Rohrmassen herbeiführen, und damit ist auch die indirekte Explosionsgefahr verringert. Eine erhöhte Sicherheit erreicht man ferner durch Abdecken der Kabel der Länge nach mit Brettern, Steinen, Eisenplatten oder dergl.; zum wenigsten empfiehlt sich eine solche mechanische Schutzbedeckung an exponierten Stellen, wo z. B. die Kabel nicht ihre vorgeschriebene Tieflage (0,6—0,8 m) haben oder wo eine sehr große Zahl starker Kabel auf- und nebeneinander verlegt ist. Ein vollkommener Schutz gegen mechanische Verletzungen würde natürlich durch Anwendung der bereits § 17a besprochenen Kanalsysteme für die Leitungsführung geboten werden, jedoch geben hierbei die Gasexplosionsgefahren zu großen Bedenken Anlaß. Alle solche unterirdischen Kanalsysteme, gleichviel ob sie aus Eisenröhren, Profileisen, Moniercementmasse u. s. w. hergestellt sind, ermöglichen Gasansammlungen, welche, sei es durch elektrische Unterbrechungsfünkchen, sei es durch hineingelangende brennende Körper, Explosionen schlimmster Art zur Folge haben können; daher sind auch sonst Hohlräume jeder Art unter der Erde nach Möglichkeit zu vermeiden. Wo solche aber in Anwendnng sind, muß für durchgreifende Ventilation Sorge getragen werden. Eine künstliche Luftcirkulation durch Absaugen der Luft mittels eines z. B. in der Centrale aufgestellten Ventilators ist bei den hier gemeinten Kanälen kaum ausführbar, jedoch genügen auch Ventilationsschächte in genügender Zahl und Weite für diesen Zweck vollkommen. Eine Abbildung eines solchen Ventilationsschachtes zeigt Fig. 20.

Auf die weiteren Vorkehrungen zur Verhütung des Eindringens von Feuchtigkeit in die Abzweigekästen, Hausanschluß-Schaltbretter u. s. w. haben wir bereits gelegentlich hingewiesen; diese mechanischen Schutzmaßnahmen sind auch in der Regel nicht zu schwer zur Anwendung zu bringen.

γ) Administrative Sicherheitsmassregeln.

Es ist selbstverständlich das Bestreben der Behörden darauf gerichtet, daß allen öffentlichen Verwaltungszweigen der größtmögliche Schutz gegen Schädigungen seitens anderer Organe zu teil wird.

und es liegt dies ferner im Interesse der öffentlichen Sicherheit und Gesundheitspflege. Auf die Beobachtung der zahlreichen elektrischen und mechanischen, vorher besprochenen Sicherheitsmaßregeln seitens der beschädigten Verwaltungen muß somit von den Behörden streng geachtet werden. Die speziellen polizeilichen Vorschriften würden sich daher, soweit es sich um elektrische Straßenleitungen handelt, auf die Feststellung der erwähnten Maßnahmen beziehen. Um jeden der beteiligten Ressorts gegen störende Eingriffe anderer Organe zu schützen, wird man am zweckmäßigsten außerdem die Verfügung treffen, daß jede Verwaltung allen anderen gleichfalls den Straßenkörper zur Leitungsführung benutzenden Werken von ihren vorzunehmenden Straßen- oder Montagearbeiten Kenntnis zu geben hat und dabei auch die Art der Arbeiten und die Lage der betr. Röhren oder Kabel kennzeichnet. Es empfiehlt sich ferner, daß auf gefährdetere Stellen ihrer Anlagen die interessierten Verwaltungen durch Einzeichnung der Lageverhältnisse in entsprechende Situationspläne selbst aufmerksam machen.

Ueberhaupt erscheint vornehmlich das Handinhandarbeiten der verschiedenen interessierten öffentlichen Werke dazu angethan, die Gefahr der Beschädigungen der Leitungen und damit der Störung vieler Interessen erheblich zu verringern. Es ist eben auch die Pflicht jeder Verwaltung, bei gefährlicheren seitens anderer Ressorts vorgenommenen Arbeiten über die Sicherheit ihrer eigenen Anlagen durch persönliche Beaufsichtigung zu wachen. Mag man auch den „Selbstschutz jeder Anlage in sich" im Interesse der öffentlichen Sicherheit verlangen können, so läßt sich dieser Selbstschutz doch nur in gewissen Grenzen durchführen, die Rücksichtnahme einer Verwaltung auf die andere muß noch hinzukommen, und sie muß unzweifelhaft im Interesse des allgemeinen Wohles mit Recht gefordert werden.

Herzog u. **Feldmann**, *Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze u. s. w., Berlin* (1893).
Grawinkel u. **Strecker**, *Hilfsbuch für die Elektrotechnik, Berlin* (1893) *III. Aufl.*
Uppenborn, *Kalender u. s. w.* (1895) 206 *ff.*, 221 *ff.*
Hochenegg, *Anordnung und Bemessung elektrischer Leitungen, Berlin* (1893).
Kallmann, *Einrichtungen zur dauernden Kontrolle des Isolationszustandes u. s. w., Elektr. Zeitschr.* (1893) *Heft* 11 u. 17; *Berichte über Chicago-Ausstellung: Untergrundsysteme, Elektr. Zeitschr.* (1893) *Heft* 41; *Ber. üb. Chic.: Ausstellung, oberirdische Leitungssysteme, Elektr. Zeitschr.* (1893) *Heft* 45; *Ber. üb. Chic.: Ausstellung, Blitzschutzvorrichtungen u. s. w., Elektr. Zeitschr.* (1893) *Heft* 47; *Ber. üb. Chic.: Ausstellung, Isolationskontrollapparate u. s. w., Elektr. Zeitschr.* (1893) *Heft* 48.

III. Die Hausinstallationen.

§ 18. Die Ausführung der Hausanlagen.

Was wir im vorhergehenden Kapitel betreffs der sicherheitstechnischen Grundsätze bei Leitungsnetzen gesagt haben, gilt im wesentlichen unverändert auch für die Anlage der Hausinstallationen. Von vornherein ist selbstverständlich darauf Bedacht genommen, nur solche Spannungen in den Hausinstallationen anzuwenden, welche jede Gefahr für Leben und Gesundheit ausschließen. Man benutzt daher in den Häusern selbst nur Spannungen von höchstens 200—300 Volt. Die Lampenspannung selbst beträgt in den meisten Fällen ca. 50, 65 oder 110 Volt.

Wenn jedoch die Anlagen, wie z. B. bei Wechselstrom, mit hohen Netzspannungen von oft mehreren Tausend Volt betrieben werden, so werden bei unterirdischen Straßenleitungen, wenn nicht Sekundärnetze mit niedriger Spannung vorgesehen sind, schon an der Einführungsstelle der Kabel in den Häuserkellern dicht abgeschlossene Transformatoren zur Reduktion des Hochspannungsstromes auf Nutzspannung angebracht. Bei Hochspannungsluftleitungen wird der Transformator häufig z. B. in Amerika an der Häuserwand (nach der Straße zu in unzugänglicher Lage ungefähr zwischen der ersten und zweiten Etage) angeordnet, wie Fig. 28 erkennen läßt.

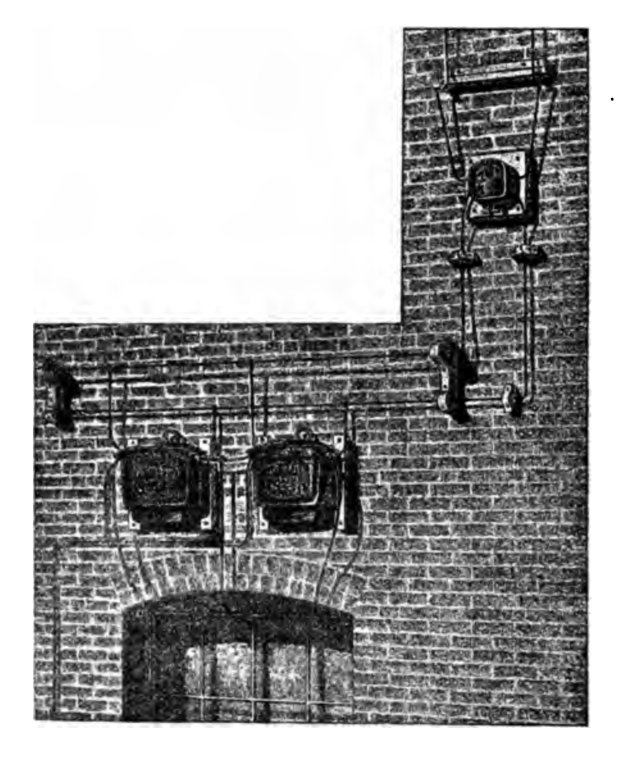


Fig. 28. Anordnung des Transformators an der Häuserwand bei Hochspannungsluftleitungsnetzen.

Der oben sichtbare, offen abgebildete kleine Ausschalter ermöglicht im Notfalle ein Abstellen des Primärstromes, ohne daß der hermetisch geschlossene Kasten geöffnet zu werden braucht. In demselben sind auch Abschmelzsicherungen angebracht, und die Montage der stromführenden Klemmen auf Porzellan, sowie die völlige Isolierung des unten herausragenden Handgriffes schließt jede Gefahr einer Berührung aus. Es ist ersichtlich, daß die in das Haus selbst eintretenden Leitungen keinerlei gefährliche Spannung mehr führen, da sie von den sekundären Wickelungen der Transformatoren abgezweigt sind.

In welcher Weise die Abzweigemuffen der Straßenkabel hergestellt sind, ist bereits in Fig. 17 gezeigt worden; die Anordnung des Haus-

anschlußbleischalters (im Keller oder Flur anzubringen) zeigte Fig. 23. Es erübrigt daher hier nur eine Darlegung der Art der Montage in den Wohnungen selbst.

Zunächst sei erwähnt, daß die Hausanschluß- und Installationsleitungen in der Regel für einen maximalen Spannungsabfall von höchstens 3 Proz. der Betriebsspannung berechnet werden, vorausgesetzt, daß der Querschnitt ohnehin der Feuersicherheit genügt, um eine zu ungleiche Helligkeit der Lampen derselben Installation unter sich zu verhüten. Es würden sonst die näher am Hausanschluß gelegenen Lampen eine merklich höhere Spannung erhalten als die an entfernte Zweigleitungen z. B. in der obersten Etage angeschlossenen Beleuchtungskörper. Bei großen Installationen empfiehlt es sich, zwei oder mehr von gesonderten Straßenleitungen (verschiedenen Hausfronten) abgezweigte Anschlüsse in das Haus einzuführen, um nicht die Sicherheit der ganzen Installation von einem Zuführungspunkte abhängig zu machen. In sehr feuchten Räumen, im Keller selbst u. dergl. empfiehlt sich die Anwendung von asphaltierten Bleikabeln, jedoch am besten mit einem besonderen mechanischen Schutze, z. B. einer Eisenarmierung, da abgesehen von anderen möglichen äußeren Beschädigungen auch mehrfach ein Benagen des Bleimantels durch Ratten u. dergl. beobachtet worden ist; in der Regel ist aber die Anbringung isolierter Drähte auf Isolatoren vorzuziehen. Wir müssen es uns versagen, hier auf die speziellen Vorschriften zur Anlage von Hausinstallationen näher einzugehen. Je nach der Beschaffenheit des Gebäudes, der Feuchtigkeit der Mauern u. s. w. richtet sich die Wahl des zu verwendenden Leitungsmaterials. In Brauereien, Wäschereien, Kellern, chemischen Fabriken muß natürlich auf eine den schädlichen Gasen, Dämpfen und Säuren gut widerstehende Isolation, auf hermetischen Abschluß der Armaturteile oder u. U. auf gute Vernickelung der Metalloberflächen Bedacht genommen werden. Ferner hängt die Ausführung auch davon ab, ob man einen Neubau oder ein älteres fertiges Gebäude zu installieren hat.

Die Verlegung der Leitungen „unter Putz", wie es bei eleganteren Neubauten in der Regel verlangt wird, erfordert naturgemäß besondere Sorgfalt in der Anlage, da die verdeckt angeordneten Leitungen einer eingehenden Kontrolle fast ganz entzogen sind und jeder noch so geringe Fehler sehr mühsame und unangenehme Reparaturen zur Folge haben kann. Sehr vorteilhaft ist die Anordnung der Leitungen (zum mindesten der Steigleitungen) in Kanälen, welche als Maueraussparungen von vornherein beim Bau vorgesehen sind. In diesen Kanälen werden die gut isolierten Drähte auf Isolatoren befestigt. Es empfiehlt sich, genügende Oeffnungen in der Mauer dauernd vorzusehen, durch welche ohne größere Mauerarbeiten Auswechselungen von Drähten u. dergl. nachträgliche Arbeiten bequem ermöglicht werden. Es ist aber für gute Ventilation und Austrocknung der Kanäle Sorge zu tragen, um Feuchtigkeitsansammlungen zu verhüten. Es ist ferner zu beachten, daß bei eventuell eintretenden Bränden die Kanäle den Flammen unter Umständen einen Weg zu den verschiedenen Etagen und Räumen bieten können und daher in solchen Fällen für einen Abschluß gesorgt werden müßte. Holzleisten sind für Installationszwecke möglichst ganz zu vermeiden.

Vielfach werden statt der Kanäle Röhren in dem Mauerwerk vorgesehen, durch welche die Leitungen hindurchgeführt werden.

Man benutzt hierzu Rohre aus isolierendem Material, z. B. Gummi oder Papier oder Gasrohre u. dergl. Die sog. Isolierrohre System von S. Bergmann & Comp. sind aus besonders imprägniertem Papiermaterial hergestellt und werden an den Stößen durch Messingblechhülsen dicht verbunden. Die Einführung der isolierten Drahtleitungen geschieht in der Weise, daß man einen Bindfaden in den Rohren vorsieht, an welchen man die Leitungen anbindet und so hindurchzieht, oder mittels eines elastischen, auch nachträglich durch die Röhren hindurchzuführenden Stahlbandes in derselben Weise. Es dürfte kein Bedenken haben, in einem und demselben Rohre (von z. B. 1—3 cm lichter Weite) die Drähte verschiedener Polarität zusammen unterzubringen. Jedoch ist darauf zu achten, daß eventuelle Feuchtigkeitsansammlungen einen genügenden Abfluß aus den Röhren finden. Aus diesem Grunde hat man auch neuerdings röhrenförmig gewundenen Spiraldraht statt der geschlossenen Rohre verwendet, um die Feuchtigkeit nicht an der freien Bewegung zu hindern. Es dürfte aber wünschenswert sein, wenn für solche unter dem Putz verlegte Röhren metallische Materialien möglichst vermieden werden, damit nicht ein durch Verletzung der Isolation an einem Punkte entstandener Kontakt eines Drahtes mit der metallischen Rohrwandung der Ausbreitung der Störung allzu sehr Vorschub leistet. Es würde nämlich die gesamte Rohrlänge die Polarität des defekten Drahtes annehmen und so ev. an mehreren Punkten gleichzeitig zu Erdschlußstörungen, Erhitzungen u. s. w. Veranlassung geben können. Neuerdings verwendet man auch Eisenrohre, welche innen mit einem isolierenden Asphaltüberzug versehen sind. Bei Mauerdurchbrüchen verwendet man entweder auch Papier- oder Gummirohrstücke oder vielfach sog. Porzellanpfeifen. Die Befestigung der Drähte an der Mauer geschieht in der Regel mittels Isolatoren aus Porzellan, von denen Fig. 29 eine Abbildung giebt.

Die Porzellanrollen sind an einem eisernen Querstege befestigt, welcher z. B. für 3 parallel zuführende Leitungen ausreicht. Der untere Eisendübel wird in die Mauer eingegipst, die Leitungen werden sorgfältigst mittels Bindedrahtes an den Isolatoren festgebunden. In ähnlicher Weise werden auch die meisten vor Feuchtigkeit zu bewahrenden Schaltapparate, wenn sie nicht selbst schon auf Porzellan, Schiefer oder dergl. montiert sind, mittels Isolatoren an der Wand befestigt, um die direkte Berührung mit dem Mauerwerk zu vermeiden.

Eine sehr bequeme Verlegung ermöglichen auch die in Fig. 30 abgebildeten Isolatorklemmen.



Fig. 29. Porzellan-Isolatoren auf eisernem Dübel.

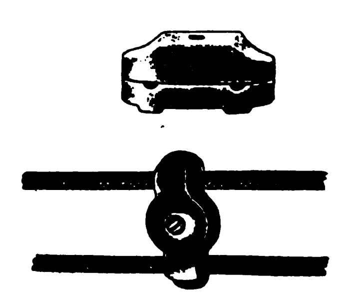


Fig. 30. Isolatorklemmen.

Die obere in der Skizze dargestellte Form ist aus Porzellan hergestellt und trägt die Einschnitte zur Aufnahme der beiden Leitungen, welche so in richtigem Abstande dauernd gehalten werden. Analog ist dies aus der anderen Figur ersichtlich. Hier ist die Klemme selbst aus Metall hergestellt, aber innen völlig mit isolierendem Material (Preßspan) belegt, sodaß die Leitungen keinerlei metallische Berührung erhalten.

Für elegantere Räume, in denen die Leitungen über den Tapeten gezogen werden müssen, empfiehlt sich die in Fig. 31 abgebildete Isolatorenform. System von Hartmann & Braun in Bockenheim.

Dieselbe beruht auf dem umgekehrten Prinzip wie Fig. 29, indem hier die Leitung durch die Oeffnung des Porzellanringes hindurchgezogen wird. Der Isolatorhaken läßt sich mit einem Nagel unmittelbar in Holz, Gips u. s. w. einschlagen und erfordert in jedem Falle nur minimale Mauerarbeiten. Die Porzellanringe können aus dem Haken nach Wunsch herausgehoben werden und sind am besten zweiteilig hergestellt, um die Leitungen bequem hineinlegen zu können. Man benutzt für derartige elegantere Installationen in Zimmern in der Regel mit Seide umsponnene und isolierte Drahtlitzen, sog. Kordelschnüre, die beide Leitungen enthalten.



Fig. 31. Ringisolator.

Eine Ansicht einer derartigen Installation en miniature zeigt Fig. 32 im Bilde.

Die Art der Ausführung ist hier ohne weiteres ersichtlich, auch die Anbringung der Ausschalter, Lampenhalter und Sicherungsschalter bedarf keiner weiteren Erläuterung; es sind fast nur Leitungsschnüre und die in Fig. 31 gesondert dargestellte Art von Ringisolatoren verwendet.

Die Rücksichten auf Feuersicherheit, Bequemlichkeit und Eleganz können mithin sehr gut selbst bei solchen nachträglich in Wohnräumen hergestellten Installationen miteinander vereinigt werden.

Wir wollen endlich auch kurz die Armatur- und Montageteile der Installationen berühren. Es sind hierunter, abgesehen von den Endverschlüssen, Kabelschuhen, Verbindungsklemmen u. dergl., besonders die Schaltapparate und Sicherheitsschalter zu verstehen, welche zur Bedienung der Anlage erforderlich sind. Im allgemeinen ist der Grundsatz zu befolgen, daß die Aus- und Umschalter möglichst bequem jederzeit erreichbar sein müssen, um besonders in Fällen von Störungen die erforderlichen Manipulationen schnell vornehmen und so ev. eintretenden Gefahren sicher vorbeugen zu können. Man vereinigt deshalb, wenn möglich, in jeder Etage die Hauptschalter und Sicherungen an einer gemeinsamen Tafel, wie z. B. eine solche in Fig. 33 abgebildet ist.

Hier sind auf einer Tafel 3 Stück Momentschalter mit Bajonettverschluß angeordnet. Durch Vierteldrehung und Herunterziehen mittels Knopfes schaltet man eine Leitung ein, indem dadurch der Messingstab in die Oeffnung des federnden Ringes eingeklemmt wird. Dieser Ring

selbst umschließt eine Gewindefassung, in welche ein sog. Bleistöpsel eingeschraubt wird, der als Abschmelzsicherung der betr. Leitung dient und der Lampenzahl des Zweiges entsprechend genau dimensioniert ist. Es ist Regel, daß jeder Leitungspol einen Ausschalter und Sicherung (am Anfang und Ende einer Strecke) erhält; man benutzt daher vorzugs-

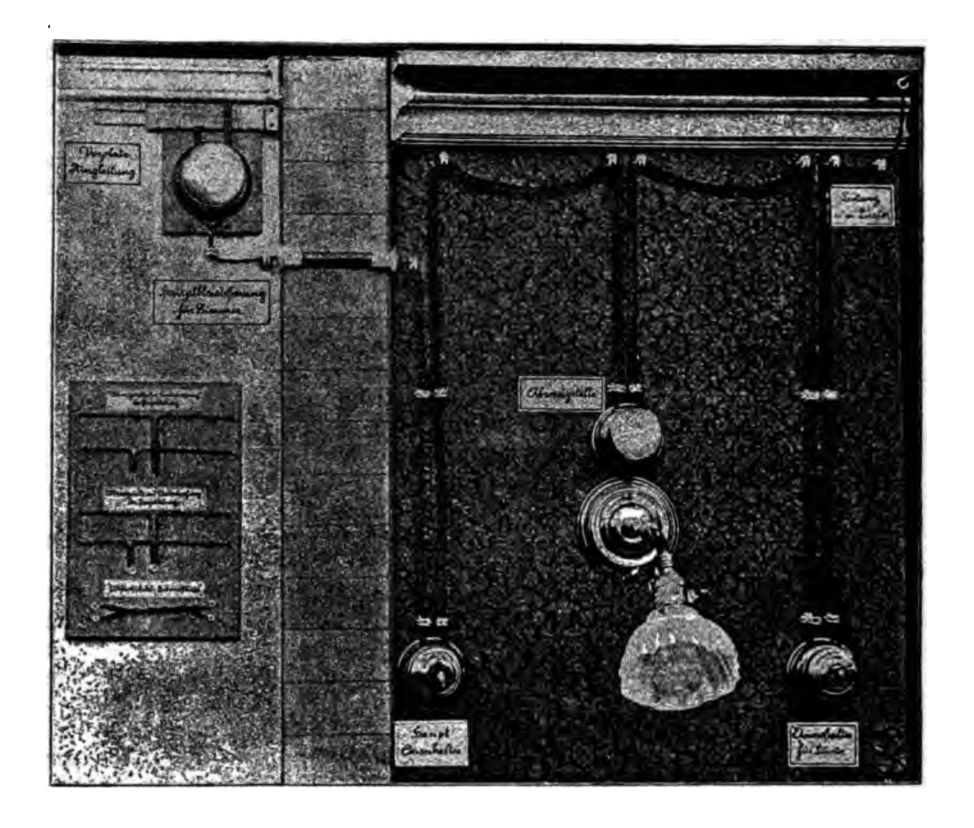


Fig. 32. Wohnzimmer-Installation mittelst Ringisolatoren.

weise doppelpolige Momentausschalter, welche in zahllosen Konstruktionen vertreten sind. Die Schalttafeln sind aus isolierendem Material, am besten aus Marmor, Schiefer oder Porzellan, hergestellt.

Würde nur ein Leitungspol eine Sicherung und einen Ausschalter erhalten, so würde u. U. ein Erdschluß des nicht ausschaltbaren Poles dauernd störend wirken können, da weder ein Ausschalter noch eine Sicherung zur Abtrennung der defekten Leitungsstrecke vorhanden ist. Die Bleistöpsel und sonstigen Sicherungsstreifen sind in der Regel je nach der Stromstärke, für welche sie bestimmt sind, auch äußerlich verschieden dimensioniert, um ein Vertauschen derselben unmöglich zu machen. Es würde z. B natürlich das Einsetzen einer für 20 Ampère maximaler Stromstärke bestimmten Bleisicherung in einen nur für Sicherungen von 10 Ampère bestimmten Schalter

zur Folge haben, daß die betreffende nur 10 Ampère vertragende Leitung übermäßig beansprucht wird, ja einen Brand infolge ihrer Erhitzung hervorrufen kann, ohne daß die fehlerhafterweise zu stark eingesetzte Sicherung abschmelzen würde. Dies wird durch verschiedenartige Abstufungen der äußeren Form der Bleisicherungen verhütet.

Es möge ferner darauf hingewiesen sein, daß die mechanische Beanspruchung stromführender Leitungen durchaus unstatthaft ist. Es geschieht das oft bei den sog. Pendellampen, wobei die Glühlampe an der Leitungsschnur selbst frei herabhängt. Es kann dadurch leicht ein Zerreißen der Schnur und damit Kurzschluß u. dergl. herbeigeführt werden. Man verwende statt derartiger direkter Aufhängung entweder Rohrpendel, ähnlich wie bei herabhängenden Gaslampen, indem die Drähte in dem Rohre herabgeführt werden, die Lampenfassung selbst aber an dem Rohre befestigt und von diesem getragen wird, oder z. B. eine Leitungsschnur, wie sie in Fig. 34 abgebildet ist.

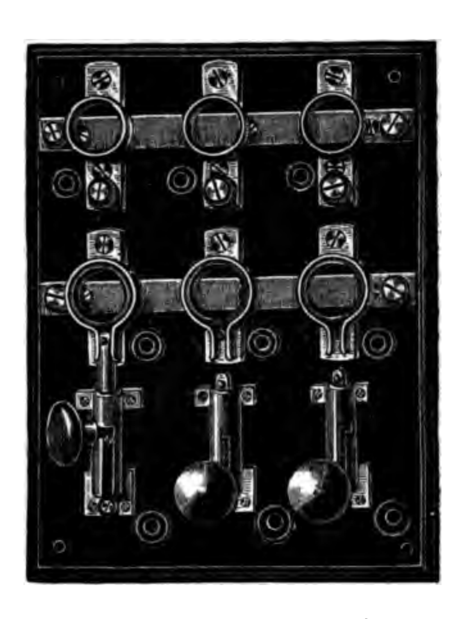


Fig. 33. Momentschalter nebst Sicherungen für 3 Anschlüsse.

In die Leitungsschnur, welche die beiden Kupferdrahtlitzen enthält, ist noch ein in der Mitte liegendes Stahldrahtseil oder eine Schnur mit eingesponnen. Bei der Montage wird dieses Drahtseil auseinandergebogen und die Drahtenden zwischen isolierenden Platten festgeklemmt und ebenso an der unteren Gewindefassung eingespannt. Dieses Drahtseil hat demnach allein das Gewicht der Lampe zu tragen, während die Kupferlitzen ganz entlastet sind.



Fig. 34. Aufhängeschnur mit 2 Leitungen und Traglitze für Pendellampen.

Im allgemeinen gelten für Installationen dieselben Vorschriften der Montage, die wir bereits bei Besprechung der Centralanlagen und Leitungsnetze gelegentlich berührt haben. Natürlich sind diese Gesichtspunkte aber den engeren Verhältnissen der Hausanlagen anzupassen.

§ 19. Störungen in Hausinstallationen.

Dem Zwecke dieses Buches entsprechend haben wir uns auch hier vornehmlich mit den Störungen des Betriebes von Hausinstallationen

beschäftigt. Wie wir schon bei Behandlung der Leitungsnetze erwähnten, ist die Hauptquelle von Fehlern in der Regel in den Montageteilen zu suchen, natürlich von mechanischen Verletzungen abgesehen. Die Leitungen selbst sind aber mechanischen Verletzungen fast völlig entrückt, wenn sie, wie meist der Fall, unter dem Putz verdeckt oder in Kanälen, Rohren, Leisten u. s. w. untergebracht sind. Es kommen hierbei jedoch die allmählich wirkenden schädlichen Einflüsse der Feuchtigkeit, säurehaltigen Cementes, von Gasen, Dämpfen und anderen chemischen Agentien in Betracht, und es ist daher eine häufige Kontrolle der Isolation erforderlich, um diesen Zerstörungsprozeß noch ev. zur rechten Zeit verhindern oder umfangreichere Störungen verhüten zu können.

Es gelten also im allgemeinen dieselben Gesichtspunkte wie bei Leitungsnetzen; hinsichtlich des Verlaufes einer Störung, der Gefahren durch Erhitzung schlechter Kontaktstellen, zu schwacher Leitungen u. dergl. Einige in Installationen speziell vorkommende Störungsfälle beziehen sich auf Brände, welche wahrscheinlich durch Entzündung von Holzleisten entstanden sind, in die die Drähte verlegt worden waren. Diese Holzschutzleisten werden mit Recht deshalb in der letzten Zeit durch Rohre aus Papier, Spiralrohr, Gummi u. s. w. ersetzt, da in die Holzleisten die Feuchtigkeit zu stark eindringen und allmählich die Isolation zerstören, der Stromübergang durch die Holzleisten aber zu Brandgefahren Veranlassung geben kann. Eine andere Quelle von Störungen ist oft durch die Montage von Beleuchtungskörpern an Gasleitungen gegeben worden. Sobald die Lampenfassungen ohne weitere Isolation an den Gasarmen befestigt werden, kann sehr leicht dadurch ein Erdschluß oder Kurzschluß entstehen, daß ein Pol des Netzes z. B., wie nicht selten der Fall, direkt dauernd an Erde liegt, und mithin also die Gasleitung diese Polarität besitzt, und daß ferner die Lampenfassung infolge kleiner Montagefehler oder dergl. mit dem anderen Pole (einem der eingeführten Drähte) Kontakt bekommt, Es kommt dies häufig vor, und es ist klar, daß dann ein direkter Kurzschluß beider Pole durch den Gasarm gebildet wird. Auf die schlimmen Folgen, welche z. B. ein solches Anschmelzen des Gasrohres infolge des Kurzschlusses nach sich ziehen kann, braucht wohl kaum hingewiesen zu werden.

Es ist deshalb vornehmlich darauf zu achten, daß die Lampen und Leitungen gut vom Gasarm isoliert werden; es geschieht dies in der Regel durch Anwendung von Klemmen, welche innen mit Preßspan oder dergl. isolierenden Materialien überzogen sind, sodaß sie keinen metallischen Kontakt mit dem Rohre machen können. Unangenehm sind auch die Fälle, wo die Lampen in Dreileiteranlagen infolge eines Erdschlusses unter Umständen doppelte Spannung zugeführt erhalten können. Wenn in Dreileiteranlagen ein Außenpol z. B. — Erdschluß hat und eine zwischen +0 geschaltete Lampe einerseits direkt metallisch an einem Gasarm befestigt ist und ihre Fassung ferner mit dem Drahte von neutraler (0) Polarität Kontakt erhält. so ist in dem Moment die Lampe, da die Sicherung der neutralen Leitung sofort infolge des Kurzschlusses zwischen dem 0 Pol und dem Gasarme d. h. dem an Erde liegenden — Pole abschmelzen wird, die Gasleitung aber die negative Polarität der „Erde“ behält, fortan zwischen Erde und + oder — und +, d. h. zwischen 200 Volt geschaltet. Der Kohlenfaden springt meistens sofort, unter Umständen

kann auch das Glas der Lampe zerplatzen. Es ist zur Vermeidung derartiger Störungen daher einerseits die Isolierung aller Montageteile von Gasleitungen erforderlich, andererseits ist dieser Umstand ein weiterer Beweis dafür, daß zweckmäßig in Dreileiteranlagen der Mittelpol dauernd mit Erde verbunden wird, um solche Fälle zu verhindern. — Auf die Schutzvorrichtungen an Lampen zur Verhütung von Unfällen durch Zerspringen oder Zerschlagen von Lampen u. dergl. brauchen wir wohl nicht näher einzugehen.

§ 20. Sicherheitsvorschriften.

Ein Hauptinteresse an der Sicherheit elektrischer Hausinstallationen haben insbesondere die Feuerversicherungsgesellschaften. Aus der Initiative dieser Gesellschaften heraus sind daher auch sehr eingehende Sicherheitsvorschriften für Installationen hervorgegangen. Wir gehen jedoch auf diese Vorschriften hier nicht weiter ein, da dieselben vor allem für Elektricitätswerke und Installationsfirmen von Bedeutung sind. Wir haben aber eingehend bereits die Sicherheitsmaßnahmen an Leitungsnetzen dargelegt, da dieselben auf ein allgemeineres Interesse Anspruch machen können. Die Prüfung der Installationen erstreckt sich natürlich, abgesehen von der genauen Besichtigung der Montagedetails und Ausführungsarbeiten, vor allem auf die Isolationsprüfung der abzunehmenden Anlage. Als Minimalmaß der Isolation wird vielfach ein Wert von $5000 \frac{E}{I}$ Ohm Widerstand verlangt, d. h. bei z. B. $E = 100$ Volt Betriebsspannung und z. B. einer Anlage von 100 Glühlampen = 50 Ampère müßte die Anlage eine Isolation von mindestens $5000 \times \frac{100}{50} = 10000$ Ohm aufweisen. Die Prüfung werde, wenn irgend möglich, am besten mit der vollen Betriebsspannung vorgenommen. In der Regel schreiben die Elektricitätswerke aber höhere Isolationen vor, z. B. 30000—100000 Ohm, nach neueren Vorschlägen wird als minimal zulässiger Isolationswiderstand $W = 10000 \frac{+\ 2000000}{n}$ Ohm gefordert, wobei n die Anzahl der installierten Glühlampen bedeutet. Diese Werte sind auch bei guter und solider Ausführung zu erreichen. Die obige Formel, welche anch die Größe der Anlage, d. h. die Lampenzahl berücksichtigt, läßt schon erkennen, daß mit Recht die Beleuchtungskörper, Schaltapparate, kurz alle accessorischen Teile der Anlage als Hauptquelle der Fehler anzusehen sind. In der That sind an allen diesen Montagearmaturteilen die Herde für Stromableitungen u. dergl. zu suchen, und es ist daher auf die Benutzung besonders solide hergestellter derartiger Apparate sowie auf deren vorsichtige Montage und Ueberwachung ein besonderer Wert zu legen.

Betreffs der näheren Details der Prüfungsmethoden, der Störungsuntersuchungen, der Einrichtungen zur selbstthätigen Fehleranzeige u. s. w. verweisen wir auf den Abschnitt über Leitungsnetze und deren Instandhaltung.

Die wirtschaftlichen Gesichtspunkte elektrischer Anlagen werden wir im folgenden Abschnitte einer Betrachtung unterziehen.

Heim, *Die Einrichtungen elektr. Beleuchtungsanlagen, Leipzig* (1892).
Sicherheitsvorschriften für elektr. Starkstromanlagen, aufgestellt vom Elektrotechnischen Verein in Wien; desgl. in Berlin. Elektr. Zeitschr. 1894 *Heft* 51.
Grawinkel u. Strecker, *Hilfsbuch u. s. w.*
Uppenborn, *Kalender u. s. w.* (1894) 265 *f.*, 246 *f.*
Görz, *Elektrot. Zeitschr.* (1890) 678.
May, *Erläuterungen zu den Vorsichtsbedingungen für elktrische Licht- und Kraftanlagen des Verbandes deutscher Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften, Leipzig* (1893).
Guisinde, *Elektrot. Zeitschr.* (1694).

C. Das elektrische Licht.

§ 21. Allgemeines über elektrische Beleuchtungseinrichtungen.

Bei einem Vergleich der verschiedenen Lichtquellen und Beleuchtungssysteme untereinander wird man neben den im § 30 S. 199 dieses Bandes von Prof. Weber angeführten Gesichtspunkten auch an die Teilbarkeit und Regulierbarkeit der Beleuchtungsquellen nicht zu unterschätzende Anforderungen stellen.

Was die Teilbarkeit des Lichtes anlangt — und wir begreifen darunter auch den Grad der Unabhängigkeit eines Beleuchtungskörpers von den anderen daneben betriebenen — so war die Erreichung dieses Zieles mit ganz besonderen Schwierigkeiten hinsichtlich des elektrischen Lichtes verknüpft. Erst mit der vollständigen Lösung dieses Problems war der Siegeslauf der elektrischen Beleuchtung angebahnt. Daß man jetzt — vor allem durch die Durchführung des Parallelschaltungssystems Hand in Hand mit der Vervollkommnung der Lampenkonstruktionen — ohne Schwierigkeit in der Lage ist, sowohl jede Glühlampe als auch jede Bogenlampe von allen anderen Lichtern der Anlage ganz unabhängig und unbeeinflußt zu betreiben, bedarf nach dem Vorhergehenden keines weiteren Beweises und ist durch die glänzenden Erfolge der Praxis wohl auch zur Evidenz erwiesen. Allerdings gilt das uneingeschränkt nur für die exakt geführten größeren Centralbetriebe, während diese Unabhängigkeit des Lichtes von der Zahl und Art der gleichzeitig brennenden Lampen d. h. also die Gleichmäßigkeit des Lichtes bei kleinen Anlagen oft noch recht viel zu wünschen übrig läßt. Daß der Elektrotechnik die Mittel zu Gebote stehen, sei es nun durch automatisch oder von Hand wirkende Regulatoren die Stetigkeit des Lichtes, d. h. die Gleichförmigkeit der Spannung oder der Stromintensität zu erreichen, haben wir bereits früher erörtert. Es ist daher nur einer unrationellen und unvollkommenen Betriebsführung zuzuschreiben, wenn diese Güte und Konstanz des Lichtes nicht überall erzielt wird.

Etwas anders verhält es sich mit dem zweiten oben genannten Gesichtspunkte, nämlich mit der Regulierbarkeit der Lichtstärke.

In diesem Punkte steht das elektrische Licht hinter der Petroleum- oder Gasbeleuchtung zurück. Während man bei diesen Beleuchtungsarten durch Vergrößerung oder Verkleinerung der Oel- oder Gaszufuhr die Lichtstärke innerhalb gewisser Grenzen bequem und rationell regulieren kann, ist eine solche Helligkeitsabstufung bei einer Bogenlampe ganz ausgeschlossen, bei Glühlicht aber nicht immer ökonomisch durchführbar und immerhin umständlich. Diese Vorrichtungen zur

Helligkeitsregulierung werden wir in den nächsten Abschnitten noch kurz erörtern.

In sehr weiten Grenzen ist man nun bekanntlich der Notwendigkeit einer Helligkeitsregulierung der einzelnen Lampe dadurch überhoben, daß man die Zahl und Größe der Beleuchtungskörper in einem Raume von vornherein passend wählt, um eine Abstufung der Gesamtbeleuchtung in gewünschtem Grade durch Ein- oder Ausschalten einzelner Lampen zu erreichen. Es handelt sich also um eine rationelle Lichtverteilung. Wenn man sich nun immerhin in dieser Hinsicht gewisse Beschränkungen in der Regel auferlegt, so liegt das an den mit einem größeren Luxus verbundenen Kosten der Anlage und des Konsums.

Um einige Anhaltspunkte für diese Faktoren zu geben, betrachten wir zwei Fälle nach praktischen Resultaten. Das eine Beispiel bezieht sich auf eine mit eigenen selbständigen Maschinen u. s. w. betriebene Beleuchtungsanlage eines größeren Gebäudes (**Einzelanlage**, Blockstation oder dergl.).

A. Die nach dem modernsten Standpunkte der Technik ausgeführte Einrichtung sei mit der Dampf- oder Warmwasserheizungsanlage kombiniert, d. h. die Dampfkessel erzeugen gleichzeitig den Dampf für die Heizung und für den Maschinenbetrieb.

Die Installation umfasse ca. 1200 Glühlampen à 16 NK. und 30 Bogenlampen à 7,5 Ampère Stromverbrauch. Es werden im Jahre laut Ablesungen der Ampèremeter bezw. Elektricitätszähler verbraucht: ca. 1 000 000 Ampèrestunden.

(Es wird angenommen, dafs eine Glühlampe von 16 Normalkerzen Helligkeit einen Strom von 0,51 Ampère bei ca. 107,5 Volt Spannung verbrauche.)

Dann hat man für die Rentabilitätsberechnung, wie folgt, zu kalkulieren:

I. Erzeugungskosten des Stromes ohne Zinsen und Amortisation.

a) Kohlenverbrauch 11 500 Ctr. à 1,1 Mk.	=	12 650,00 Mk.
b) Wasserverbrauch rot. 3750 cbm à 0,15 Mk. (wobei durch 1 kg Kohle rot. 6,5 kg Wasser verdampft werden mögen)	=	562,50 „
c) Wartung der Kessel		1 000,00 „
d) Wartung, Instandhaltung der maschinellen Anlage		7 400,00 „
e) Oel, Putzlappen, Diverses		1 100,00 „
f) Revisions-, Versicherungskosten u. s. w.		750,00 „
g) Reparaturkosten an Leitungsmaterialien, Beleuchtungskörpern Apparaten u. s. w.		500.00 „
	Sa.	23 962,50 Mk.

Demnach: Gesamtkosten der Stromerzeugung = rot. 24 000 Mk. pro Jahr.

Bei 1 000 000 Ampèrestunden Jahreskonsum ergiebt sich demnach an reinen Betriebskosten pro 1 Ampèrestunde $= \frac{24\,000}{1\,000\,000} = 2{,}4$ Pf.

II. Die Gesamtunkosten inklusive der Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals.

Unter Vernachlässigung der Gebäudeabschreibung, die in der Regel mit 2 Proz. bemessen wird, verbleiben

a) Anlagekosten für Maschinen, Apparate u. s. w. 100 000 Mk.
b) Anlagekosten für Lichtleitungen, Installation u. s. w. 60 000 „

Rechnet man nun für diese Kapitalien eine Verzinsung von 4 Proz. und ferner ad a) eine jährliche Abschreibung von 7 Proz., ad b) eine Abschreibung von 4 Proz., so sind anzusetzen

a) Zinsen und Amortisation 11 Proz. de 100 000 Mk. =	11 000 Mk.
b) „ „ „ 8 „ de 60 000 „ =	4 800 „
Sa.	15 800 Mk.

an Zinsen und Amortisation kostet demnach eine Ampèrestunde $= \frac{15\,800}{1\,000\,000} = 1{,}58$ Pf.

1) Gesamtkosten pro 1 Ampèrestunde = 2,4 + 1,58 = 3,98 Pf.
2) Die Kosten des Glühlichtes setzen sich nun zusammen aus Stromkosten und Lampenabnutzungskosten;
   a) an Strom verbraucht 1 Glühlampe 0,51 Amp.
   mithin Stromkosten pro 1 Lampenbrennstunde = 0,51 × 3,98 = 2,03 Pf.
   b) Eine Glühlampe werde mit einer Lebensdauer von 600 Stunden gerechnet; es kostet demnach bei einem Anschaffungspreise von 0,75 Mk. pro Lampe jede Brennstunde an Lampenabnutzung, d. h. an Lampenersatzkosten $\frac{0,75}{600}$ = 0,125 Pf.
   Daher stellen sich die Beleuchtungskosten pro 1 Glühlampenstunde auf 2,03 + 0,125 = 2,155 Pf.
3) Zwei Bogenlampen verbrauchen (da je 2 in Serie geschaltet sind) 7,5 Ampère, demnach
   a) 1 Bogenlampe 3,75 Amp., sodafs sich die Stromkosten pro 1 Bogenlampenbrennstunde stellen auf 3,75 × 3,98 = 14,93 Pf.
   b) Dazu kommt nun noch die Ausgabe für Ersatz der Kohlenstifte. Es ist erforderlich eine Dochtkohle von 18 mm Dicke als obere und eine Homogenkohle von 11 mm Dicke als untere Kohle. — Bei 15-stündiger Brenndauer würde sich der Preis beider Kohlenstifte auf rot. 28 Pf. stellen, somit pro Brennstunde $\frac{28}{15}$ = 1,87 Pf.
   Es ergeben sich daher als Gesamtkosten einer Bogenlampenbrennstunde 14,93 + 1,87 = 16,80 Pf.

NB. Es sei noch betont, dafs der oben als Beispiel angeführte Lichtbetrieb auf die rationellste Art geführt sein möge, die Gleichmäfsigkeit und Betriebssicherheit durch Benutzung einer kräftigen Akkumulatorenbatterie gewährleistet sei, und jedenfalls $^1/_3$ der Maschinenleistung selbst bei dem Maximalbetriebe als Reserve zur Disposition stehe.

B. Kosten der elektrischen Beleuchtung bei Anschlufs der Installation an das Leitungsnetz der städtischen Centralanlage.

Nehmen wir wiederum das obige praktische Beispiel und legen den Tarif eines grofsen Elektricitätswerkes zu Grunde, so entspricht der qu. Konsum von 1 000 000 Ampèrestunden einem Verbrauche von $\frac{1\,000\,000}{0,51}$ = rot. 1 960 000 Lampenbrennstunden.

1) Da die Installation im ganzen (Bogenlampen mitgerechnet) ca. 1400 Lampen, bezw. deren Stromäquivalent umfafst, so ergiebt sich eine mittlere Brenndauer pro Lampe von $\frac{1\,960\,000}{1400}$ = 1400 Brennstunden im Jahre.
2) Beträgt der Tarifpreis 3,6 Pf. pro Lampenstunde, und werden für obige Brenndauer ca. 20 Proz. Rabatt gewährt, so kostet demnach 1 Brennstunde = 3 Pf. mithin $\frac{1\,960\,000}{100}$ × 3 = Stromkosten . . . . = 58 800 Mk.
3) Die Miete für Elektricitätszähler betrage . . . . 250 Mk.
4) Für Ersatz der Glühlampen ist nach dem früheren bei 75 Pf. Anschaffungspreis und 600 Stunden Lebensdauer der einzelnen Lampe pro Lampenbrennstunde 0,125 Pf. zu rechnen. Das ergiebt für 12 000 × 1400 = 1 680 000 Glühlampenbrennstunden jährlich $\frac{1\,680\,000 \times 0,125}{100}$ . . . . = 2 100 „
5) Die Kohlenstifte, Reparaturkosten u. s. w. jährlich . . . . . . 1 500 „
6) Für jede installierte Glühlampe sei eine Jahresgebühr von 1 Mk. zu entrichten; mithin für 1200 Lampen 1200 × 1 . . . . . . = 1 200 „
7) An Bogenlampengebühr ist zu entrichten 30 × 7,50 Mk. jährlich . = 225 „
8) Die Anlage der Installation habe einen Kapitalaufwand von 35 000 Mk. erfordert, rechnet man 4 Proz. Zinsen, 5 Proz. Amortisation, so ergeben sich 9 Proz. de 35 000 Mk. . . . . = 3 050 „

Sa. 67 125 Mk.
an Beleuchtungskosten pro Jahr.

Verglichen mit den bei Selbstbetrieb entstehenden Gesamtkosten von nur rot. 40 000 Mk., stellt sich demnach die Beleuchtung bei Entnahme des Stromes aus dem Elektricitätswerke in diesem Falle erheblich teuerer, nämlich

die Glühlampenbrennstunde kostet im ersten Falle rot. 2,155 Pf.
" " " " zweiten Falle rot. 3,425 "

C. Kosten einer äquivalenten Gasbeleuchtung.

a) Die Gasflammen haben ebenfalls eine Helligkeit von ca. 16 NK. bei einem Gasverbrauch von $^1/_7$ cbm pro Stunde. Die obigen 1 960 000 Gasflammen verbrauchen demnach $\frac{1\,960\,000}{7} = 280000$

	cbm Gas à 16 Pf.	= 44 800 Mk.
b)	Miete für 3 Gasmesser	216 "
c)	Ersatz von Brennern, Glocken u. s. w.	400 "
d)	Zinsen und Amortisation bei einem Anlagekapital von 35 000 Mk., wie vorher bei der elektrischen Installation mit 9 Proz. de 35 000	= 3 050 "
	Gesamtkosten der Gasbeleuchtung Sa.	48 466 Mk.

Zusammenstellung der Beleuchtungskosten:

1) Elektrische Beleuchtung mit eigenem maschinellen Betriebe rot. 42 000 Mk.;
pro Lampenbrennstunde 2,155 Pf.
2) Elektrische Beleuchtung bei Entnahme des Stromes aus einem Elektricitätswerke . . . . 67 000 Mk.;
pro Lampenbrennstunde 3,425 Pf.
3) Gasbeleuchtung . . . . 48 466 Mk.;
pro Lampenbrennstunde 2,47 Pf.

Wenn auch die obigen Beispiele bei der guten Ausnutzung der Anlage (mittlere jährliche Brenndauer der Lampe = ca. 1400 Stunden) einen ökonomischeren Betrieb ermöglichen, als dies sonst bei kleineren Einrichtungen häufig der Fall ist, so zeigen diese der Wirklichkeit entnommenen Fälle doch, daß eine Konkurrenz des elektrischen Lichtes mit der gewöhnlichen Gasbeleuchtung auch hinsichtlich des Preises mit Vorteil möglich ist.

Auf einige weitere Gesichtspunkte hinsichtlich der Oekonomie bei Bogenlicht, Glühlicht und Auer'schem Gasglühlicht kommen wir noch später zurück.

Um noch kurz die Oekonomie und den Betrieb centraler Elekricitätswerke zu betrachten, sei erwähnt, daß die Kabelnetze in der Regel so berechnet werden, daß die Gesamtbetriebskosten, d. h. die Kosten für den Spannungs- oder Effektverlust in den Leitungen plus der Verzinsung und Amortisation möglichst klein ausfallen. Dabei ergiebt sich im Durchschnitt als günstiger Fall, daß die Speiseleitungen mit ca. 20 Proz., die Verteilungsleitungen mit 1—1,5 Proz. Maximalspannungsverlust bemessen werden sollen, sodaß bei der mit ca. 15 Proz. anzunehmenden mittleren Leistung der Centralanlage ein durchschnittlicher Verlust im Leitungsnetze von 3—4 Proz. sich herausstellt. Die Anlage muß bei genügender Reserve (ca. 33 Proz.) für die Maximalleistung genügen, die sich zu 50—70 Proz. als Verhältnis der im Maximum gleichzeitig brennenden zu den gesamten installierten Lampen nach der Statistik ergiebt. Die Beanspruchung der Centralen für die verschiedenen Jahreszeiten ist sehr verschieden; die maximale Belastung tritt in der Regel Ende Dezember auf. Die durchschnittliche jährliche Brenndauer einer jeden installierten Lampe ist mit ca. 700 Brennstunden bei großen Centralen anzunehmen. Die Zahl der an das Leitungsnetz der Berliner Elektricitätswerke angeschlos-

senen Glühlampen à 16 NK. bezw. deren Stromäquivalent bezifferte sich Ende 1894 auf ca. 220000 Lampen mit einem gesamten Jahreskonsum von ca. 145 Millionen Lampenbrennstunden, wovon ca. 10 Proz. an Leistung für Elektromotorenbetrieb verbraucht wurden.

Die Preise der meisten großen Centralen betragen ca. 3—4 Pf. pro Brennstunde einer 16-kerzigen Lampe, wobei in einigen Städten noch besondere Lampengebühren, z. B. in Berlin 1 Mk. für jede installierte Glühlampe, bei gleichzeitigem kostenlosen Lampenersatz dagegen 5 Mk. an das Werk jährlich entrichtet werden müssen. Viele Centralen besorgen ohne weitere Entschädigung den Lampenersatz. In einigen kleinen Städten, in denen Wasserkraft zum Betriebe der Dynamos verwendet wird, stellen sich die Preise für elektrisches Licht erheblich niedriger, so z. B. in Gablonz i. B. im Pauschaltarif ca. 20 Mk. pro Glülampe und Jahr, in Triberg im Schwarzwald sogar nur 1,75 Pf. pro Glühlampenbrennstunde und im Pauschalsatz noch billiger.

Was endlich die Kosten der elektrischen Hausbeleuchtungsinstallationen betrifft, so lassen sich nur angenäherte Zahlen hierfür angeben. Man hat zunächst die erforderliche Helligkeit zu taxieren, die in den zu beleuchtenden Räumen verlangt zu werden pflegt. Für elegante Räume (Gesellschafts- und Speisezimmer, Hauptbureaux, Verkaufsläden) ist zu rechnen eine Helligkeit von ca. 6 NK. pro 1 qm Bodenfläche, für einfache Räume (Schlaf-, Neben-, Lager-, Wirtschaftsräume, Korridore) ca. 2—3 NK. pro qm Bodenfläche, wobei im allgemeinen die Glühlampen in ca. $2^1/_2$—4 m Höhe über dem Fußboden angebracht zu werden pflegen.

Ein Beispiel einer Grundrißskizze nach einem Prospekt der Allgemeinen Elektr. Gesellschaft; im Maßstab 1 : 500 zeigt Fig. 35, es ist die Lichtverteilung in den Räumen des ersten Stockwerkes eines eleganten Wohnhauses dargestellt. Diese Skizze, in welcher ausschließlich Glühlampen einzeln, in Gruppen und an Kronen projektiert sind, dürfte zur Veranschaulichung genügen; erklärend sei nur bemerkt, daß bei größeren Beleuchtungskörpergruppen, wie z. B. in der Figur an einer Krone für 25 Lampen (20 + 5), zwei Stromkreise vorgesehen zu werden pflegen.

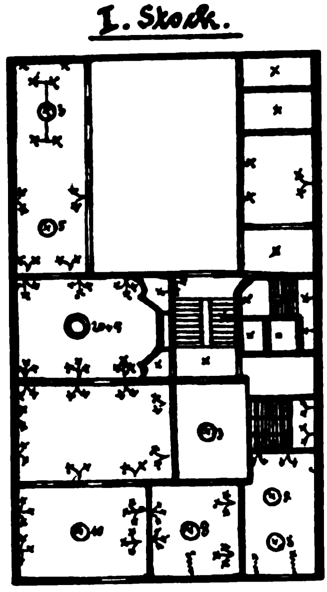


Fig. 35. Lampenverteilungsplan für eine Wohnhausinstallation.

Was die Kosten der Installation anlangt, so rechne man bei eleganteren Wohnungen ca. 22 Mk., bei einfacheren Zimmern, Bureau-, Geschäfts-, Hotel-, Restaurations-Räumen ca. 17 Mk. pro installierte Glühlampe, und für die Installation je zweier hintereinander geschalteter Bogenlampen ungefähr das 7-fache der obigen Preise.

Bei Neubauten stellen sich die Installationskosten um 10 Proz. niedriger. Beleuchtungskörper als Arme,

Lampen, Glocken, Kronen, Ständer u. s. w. sind natürlich in obigen Preisen nicht einbegriffen. —

Ein Gebiet, auf dem dem elektrischen Lichte noch ein großes Feld offen steht, sind die transportablen Beleuchtungseinrichtungen, also z. B. die Beleuchtung von Eisen- und Straßenbahnwagen u. s. w. Um ein Beispiel praktischer Anwendung zu geben, führen wir nach Grawinkel die Daten für die neuerdings auf mehreren Eisenbahnlinien eingerichtete Beleuchtung der Bahnpostwagen an.

Die Beleuchtung erfolgt mittels kleiner Akkumulatorenbatterien, welche für 15—20 Stunden Strom abgeben können und dann aus den Wagen herausgenommen und wieder geladen werden, bezw. durch frisch geladene ersetzt werden.

Jeder Bahnpostwagen erhält eine transportable Batterie aus 32 Zellen, die zu je 16 Stück hintereinander geschaltet sind. Jede Zelle enthält 5 positive und 6 negative Platten. Ein säuredichter Holzkasten mit 4 gefüllten Zellen wiegt 48 kg, demnach beträgt das Gesamtgewicht obiger Doppelbatterie (aus 8 Kästen mit im ganzen 32 Zellen) 384 kg und kann noch ganz bequem in und aus dem Wagen geschafft werden.

Eine jede Zelle besitzt eine Kapacität von 115 Ampèrestunden bei ca. 1,9 Volt Spannung. Die beiden nebeneinander geschalteten Batterien von je 16 Zellen ergeben demnach ca. 31 Volt Spannung bei 230 Ampèrestunden. Mit dieser elektrischen Energie können 8 Glühlampen in dem Bahnpostwagen (von 12 m Länge) mit je 12 NK. Helligkeit (Spannung pro Lampe 30 Volt, Strom 0,75 Ampère) über 30 Stunden lang gespeist werden (8 Glühlampen $= 8 \times 0{,}75 = 6$ Ampère Gesamtstrom), da die Kapacität maximal 230 Amp.-Std. beträgt.

Die Kosten des elektrischen Stromes für die Ladung stellen sich auf rot. 1 Pf. pro Lampe und Stunde; dazu kommen noch für Zinsen, Amortisation, Bedienung, Lampenersatz (Lebensdauer der Lampe ca. 350 Stunden angenommen) ca. 3 Pf., sodaß die Gesamtkosten pro Glühlampenbrennstunde 4 Pf. nicht übersteigen.

Ohne Mehrkosten gegenüber der sonst üblichen Fettgasbeleuchtung ist außer großer Bequemlichkeit der Bedienung und Annehmlichkeit in hygienischer Beziehung ein ruhiges und gleichmäßiges Licht erzielt, und vor allem sind die mit der Gasbeleuchtung auf Eisenbahnen verbundenen Feuersgefahren beseitigt.

Es erübrigt nur noch, auf die Bequemlichkeit der Bedienung elektrischer Beleuchtung hinzuweisen, ein Moment, das auch in sicherheitstechnischer Hinsicht von Bedeutung ist.

Außer den einfachen Schaltverrichtungen, die das Ein- oder Ausschalten einzelner Lampen oder Lampengruppen von beliebig entfernten Punkten aus gestatten, führen wir noch die besonderen Systeme an, welche gleichzeitig von verschiedenen Stellen die Bedienung derselben Lampen ermöglichen.

Die Schaltvorrichtung Fig. 36 ist nach Art der Umschalter eingerichtet und dient dazu, um sowohl von *I* als von *II* aus nach Belieben die Lampengruppe oder Lampe *L* auslöschen oder entzünden zu können, indem man, wie ersichtlich, den um *c* drehbaren Handgriff entweder nach Kontakt *a* oder *b* umlegt und so die Verbindungsleitung mit dem + oder — Pole in Verbindung bringt.

Denselben Zweck erreicht man mit dem vielverbreiteten **Umschalter** Fig. 37 der Allg. Elektr. Ges. Man dreht mittels eines Knopfes die Kontaktreihe 1, 2, 3, 4, welche in Wirklichkeit in kreisförmiger Anordnung aufeinander folgen und hier nur der Deutlichkeit halber linear dargestellt sind. Je nachdem man an Punkt *I* oder *II* den Knopf um einen Zahn weiter dreht, unterbricht oder schließt man die eine der beiden Verbindungsleitungen und kann so von Punkt *I* wie von *II* aus die Lampen dirigieren, was z. B. bei Zimmer-,

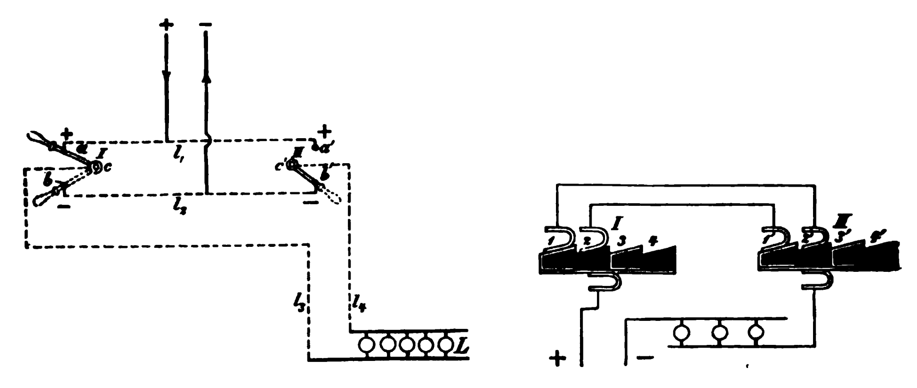


Fig. 36. Umschaltvorrichtung. Fig. 37. Umschaltvorrichtung.

Treppen- und Flurbeleuchtung mannigfache Vorteile bietet; z. B. schaltet man bei Betreten eines Raumes, einer Treppe u. dergl., am Knopfe *I* die Beleuchtung ein, passiert dann den Raum und dreht an dem am anderen Ende befindlichen Kontakte *II* die Lampen wieder aus.

Auf weitere Fernschalter und Kontrolleinrichtungen, die z. B. an einer oder mehreren Centralstellen erkennen lassen, in welchen Zimmern und wie viel Lampen zur Zeit angezündet sind und die somit durch genaue Beaufsichtigung, vornehmlich in öffentlichen Gebäuden, Hotels, Schiffen u. s. w. eine Kontrolle der Beleuchtung ermöglichen und außer der Erhöhung der Sicherheit auch eine gewisse Ersparnis durch baldiges Ausschalten aller etwa unnötig brennenden Lampen bedingen, können wir hier des Raumes halber nicht weiter eingehen.

Außer zahlreichen verstreuten Artikeln in den elektrotechnischen Zeitschriften:
Heim, *Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen für Gleichstrombetrieb, Leipzig, Leiner.*
Hilfsbuch zur Anfertigung von Projekten und Kostenanschlägen (von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, Springer, 1894).
Guisinde, *Statistik deutscher Elektricitätswerke, Elektrotechn. Zeitschr.* (1894).
Uppenborn, *Statistik der Elektricitätswerke, Elektrotechn. Zeitschr.* (1894).
Grawinkel, *Elektrot. Zeitschr.* (1894) 110.
Kallmann, *Elektr. Zeitschr.* (1894) 14.

§ 22. Elektrisches Glühlicht.

Das Glühlicht ist die bei weitem verbreitetste und zukunftsreichste Art elektrischer Beleuchtung, da es seiner Eigenart nach in unbegrenzter Vollkommenheit sich jedem Zwecke der Praxis anpassen läßt. Da die Glühlampen in allen Größen von 5—500 NK. Leuchtkraft bei großer Oekonomie hergestellt werden und der Preis einer 16 NK.

Glühlampe nur mehr 75 Pf. oder noch weniger beträgt, so stellen sich die Kosten dieser Beleuchtung erheblich niedriger, als dies noch vor wenigen Jahren der Fall war. Eingehende neuere Untersuchungen über Glühlicht verdankt man H. F. Weber[1]. — Unter der Oekonomie der Glühlampen versteht man den Quotienten aus Energieverbrauch in Watt durch Kerzenstärke. Dieser Faktor beträgt bei modernen Glühlampen 2—3,5 Watt Arbeitsverbrauch zur Erzeugung einer NK. Die Betriebsspannung wird in der Regel zu ca. 50, 65 oder 100—110 Volt gewählt. Je höher die Betriebsspannung, desto geringer ist bei gleicher Helligkeit der Stromverbrauch und desto geringer der erforderliche Aufwand an Leitungsmaterial. Zur Herstellung der Glühlampen wurden früher karbonisirte Fasern von Papier, Bambus u. s. w. verwendet, während die Fäden jetzt fast ausschließlich aus Cellulose hergestellt werden. Nach der Karbonisation werden die Kohlenfäden präpariert und sodann mittels galvanischen Kohlenniederschlages an den Platinzuführungsdrähten befestigt. Sodann wird ein dichter Kohlenüberzug durch Hindurchleiten eines starken Stromes durch den in flüssigen Kohlenwasserstoff eingetauchten Kohlenbügel erzielt. Darauf werden die Lampen in der Pumpstation der Glühlampenfabrik luftleer gemacht. Je größer das Vakuum ist, desto stärker die Leuchtkraft der Lampe. Bei einem Drucke von 0,0 mm Quecksilbersäule also ist z. B. die Leuchtkraft 16,87 NK., während dieselbe bei 0,9 mm Hg. nur 11,47 Kerzen beträgt; es wird für ein 0,2 mm Quecksilber nicht überschreitendes Vakuum gesorgt.

Die weiteren Herstellungsarbeiten beziehen sich auf das Angipsen der Kontakte, die für diverse Fassungskonstruktionen eingerichtet sein können (Edison, Swan, Siemens u. s. w.). Die sehr verbreitete Edison-Fassung besteht bekanntlich in einer Schraubengewinde-Anordnung.

Vom Gesichtspunkte der Kostenfrage des Lichtes ist natürlich ein möglichst geringer Stromverbrauch pro Kerze, also eine recht große Oekonomie (möglichst geringe Wattzahl pro Kerze) erwünscht. Jedoch ist dieser Verringerung der Stromkosten dadurch eine Grenze gesetzt, daß mit der steigenden Oekonomie die Lebensdauer der Glühlampen abzunehmen pflegt. Nach Versuchen mit Glühlampen verschiedener Sorten von Siemens und Halske, deren Energieverbrauch 2,0, 2,5, 3,0 und 3,5 Watt pro 1 NK. im Anfang betrug, ergab sich folgendes. Lampen von 16 NK. Anfangshelligkeit und einem anfänglichen Energieverbrauch von 32 Watt, d. h. von $\frac{32}{16} = 2$ Watt pro Kerze, hatten bereits nach 50 Brennstunden bis zu 12 Kerzen an Helligkeit abgenommen, während der Energieverbrauch bis 2,6 Watt gestiegen war; nach 100 Brennstunden nur 7,8 Kerzen und 3,7 Watt pro 1 NK., nach 200 Stunden waren die Lampen durchgebrannt. Dagegen hielten 16-Kerzenlampen mit 3,0 Watt Anfangskonsum pro 1 NK. ca. 600 Stunden Brenndauer aus, bis ihre Leuchtkraft um ca. 20 Proz. unter die normale, also bis ca. 13 Kerzen gesunken war. Der Stromverbrauch per NK. war hierbei auch nur um ca. 15 Proz. gestiegen, indem nach 600 Stunden pro 1 NK. 3,48 Watt gebraucht wurden. Selbst nach 1000 Brennstunden hatten diese 3,0-Wattlampen noch eine Helligkeit von ca. 10 NK. — Endlich hatten Lampen mit 3,5 Watt pro 1 NK. Anfangsverbrauch erst nach

ca. 1000 Stunden Brenndauer um 20 Proz. an Leuchtkraft eingebüßt (ca. 13,5 Kerzen), wobei der Wattverbrauch pro Kerze nur um 10 Proz. in 1000 Stunden sich gesteigert hatte (von 3,55 bis 4,04 Watt).

Man erhält aber aus einer Berechnung der Lampenabnutzungs-(Ersatz-)Kosten und der Kosten des Stromverbrauches das Resultat, daß sich z. Zt. für Centralstationen u. dergl. Installationen Lampen mit ca. 3,0 Watt-Verbrauch per Kerze als vorteilhafteste empfehlen. Man kann deren absolute Brenndauer zu über 1000 Stunden — bei möglichst konstanter Spannung — jedenfalls zu 800 Stunden annehmen, sollte dieselben aber nicht länger als 500—600 Stunden brennen lassen, da sonst deren Leuchtkraft bereits zu sehr nachläßt. Die Herstellung von Glühlampen mit möglichst geringem Energie-Verbrauch muß als eine der wichtigsten Fragen der Glühlichtbeleuchtung angesehen werden. Auf diesem Gebiete wird daher unausgesetzt gearbeitet, und es sind anscheinend auch bereits bemerkenswerte Fortschritte zu konstatieren. So bringt eine Glühlampenfabrik neuerdings Glühlampen mit einem Energie-Verbrauch von 2,5 Watt pro Kerze in den Handel, deren Leuchtkraft erst nach 500 Brennstunden um ca. 32 Proz. der ursprünglichen Helligkeit abgenommen haben soll.

Insbesondere für Zwecke transportabler Beleuchtung oder für kurze Beleuchtungszeiten, oder wo sonst die Betriebskraft sich teuer stellt, bedeuten Lampen mit möglichst geringem Wattverbrauch (1,5—2 Watt pro NK.) eine erhebliche Ersparnis. Bei obiger Berechnung der Lebensdauer der Lampen ist konstante Betriebsspannung vorausgesetzt; ist diese Spannung nicht gleichmäßig, so treffen diese Werte in keiner Weise mehr zu.

Die Leuchtkraft der Glühlampe, in NK. ausgedrückt, ist ziemlich genau innerhalb weiter Grenzen der 6. Potenz des Stromes proportional. Mit zunehmender Betriebsspannung steigt also die Leuchtkraft ungefähr in 6 mal schnellerem Verhältnisse, andererseits genügen nur wenige Prozent zu niedriger Spannung, um die Leuchtkraft erheblich herabzumindern. Näheres darüber werden wir bei der Besprechung der Helligkeitsregulatoren anführen. Es sei jedoch noch kurz erwähnt, daß nach den neuesten Untersuchungen von Ayrton in London und Claude[2] in Paris unter Umständen durch Brennen der Lampen mit Ueberspannung eine wesentliche Verbilligung erzielt werden kann. So ergiebt eine Glühlampe bei normaler Spannung von 100 Volt: 10 Kerzen Leuchtkraft und hatte nach 800 Stunden nur um 20 Proz. abgenommen. Wurde diese normal 10-kerzige Lampe aber mit 5 Proz. Ueberspannung d. h. mit 105 Volt betrieben, so ergab sie anfangs 16 Kerzen Helligkeit und hatte nach 200 Stunden um 20 Proz. abgenommen (d. h. bis 13 Kerzen). Man erhält so durch Ueberanstrengung der Lampen eine Ersparnis von u. U. 20 Proz. an Betriebskosten.

Nach Messungen von H. F. Weber[3] beträgt die Temperatur der gewöhnlichen 100-Voltlampen 1270° C.

Die Prüfung der Glühlampen hat sich zu erstrecken auf die Beschaffenheit des Kohlenfadens, welcher eine gleichmäßige Oberflächenstruktur und damit ein gleichmäßig helles Glühen zeigen soll; schwächere Stellen würden heller leuchten; ferner ist ein möglichst gutes Vakuum erforderlich. Erschüttert man die Lampe, so würde der Faden bei schlechtem Vakuum in seinen Schwingungen stärker ge-

dämpft werden. Besser prüft man das Vakuum mittels eines Funkeninduktors, wobei bei schlechtem Vakuum ein intensives Leuchten des Glasinneren, wie bei Geißler'schen Röhren, bei gutem Vakuum dagegen nur ein geringes Phosphorescieren der Glasbirne auftritt. Endlich ist, wie schon erwähnt, die Lebensdauer und die Oekonomie der Lampe von großer Wichtigkeit. Es sei noch bemerkt, daß die größten in Deutschland im Handel vorkommenden Glühlampen 500 Kerzen Helligkeit besitzen und bei 100 Volt Spannung 12,5 Ampère Strom verbrauchen.

Während alle bisher besprochenen Lampen für Parallelschaltung eingerichtet sind, also relativ höhere Spannungen (50—100 Volt) bei geringer Stromstärke gebrauchen, sind vereinzelt auch Glühlampen für Hintereinanderschaltung zur Anwendung gelangt. Dieselben brauchen z. B. bei 20 Kerzen Helligkeit eine Spannung von 5 Volt bei 11 Ampère Stromstärke pro einzelne Lampe. Man könnte diese Lampen daher z. B. in 100-Volt-Netzen zu je 20 hintereinander durch eine einfache Leitung verbinden, in welcher 11 Ampère alle Lampen der Reihe nach durchfließen würden. Man erspart so beträchtlich an Leitungsmaterial, hat aber nicht die einzelnen Lampen absolut unabhängig voneinander. Wenn ein Kohlenfaden (die Kohlenfäden sind hier natürlich von erheblich größerem Querschnitt als bei den sonst üblichen Glühlampen) bricht, so muß erst eine automatisch wirkende Kurzschlußvorrichtung in der defekten Lampe in Funktion treten, welche die beiden Zuführungsdrähte der Lampe kurz überbrückt und so ein Erlöschen aller übrigen z. B. 19 Lampen dieser Serie verhindert.

Für Effekt- und Theaterbeleuchtungen u. dergl. werden häufig Lampen in den verschiedensten Farbennuancen verlangt. Diese Färbung[4] der Glasbirnen kann bequem und billig nachträglich geschehen. Man erwärmt die Glühlampen ein wenig über einer Flamme und taucht sie in ein hohes, mit dem in allen Farben fertig zum Gebrauche käuflichen „Tauchlack" gefülltes Gefäß bis zu der Fassung ein. Der Lack haftet ziemlich gleichmäßig an dem Glase und ist nach einigen Stunden getrocknet. Man entfernt ev. die Farbe durch Waschen mit Spiritus wieder.

Auf die bekannten Glockenkonstruktionen, welche einen absolut wasserdichten Abschluß der Glühlampe ermöglichen und so die Anwendung derselben bei Taucherarbeiten u. dergl. gestatten, ferner auf die Einrichtung der explosionssicheren Bergwerkslampen (mit transportablem, kleinem Akkumulator) können wir nicht näher eingehen. Als neuester Fortschritt auf dem Gebiete der Glühlichtbeleuchtung seien aber noch die Glühlampen mit haltbaren Silberreflektoren[5] erwähnt. Die Versilberung haftet fest am Glasballon der Glühlampe. Messungen ergaben bei solchen Reflektorglühlampen eine Helligkeit von ca. 40—45 Kerzen, während ohne diese teilweise Versilberung die Lampen nur 16—22 Kerzen Leuchtkraft besitzen. Insbesondere für Beleuchtung kleinerer Flächen, Arbeitsplätze, Schaufenster etc. reduziert man durch diese Reflektorlampen bei gleicher Helligkeit die Lichtkosten auf beinahe $^1/_3$ des sonst bei gewöhnlichen Glühlampen erwachsenden Aufwandes (z. B. kosten 16 Kerzen pro 1000 Stunden bei gewöhnlichen Glühlampen rot. 40,60 Mk. in Berlin, mit Reflektorlampe 15,75 Mk.), natürlich verzichtet man dabei aber auf eine größere Ausbreitung des Lichtes.

Es erübrigt nunmehr noch die Darstellung der Helligkeitsregulatoren[6] der Glühlampen.

Da man nicht in der Lage ist, durch einfache Erhöhung oder Erniedrigung der Maschinenspannung größere Helligkeitsabstufungen einzelner Lampen oder Lampengruppen zu bewirken, weil sonst ja auch alle oder ein Teil der anderen Lampen der Anlage in Mitleidenschaft gezogen würden, so ist man gezwungen, für diese Variierung der Leuchtkraft für die betreffende zu verändernde Lampengruppe einen Regulator vorzusehen. Dieser besteht bei Gleichstrombetrieben fast stets aus einem in eine Anzahl Abteilungen eingeteilten Drahtwiderstande. Es liegt z. B. die Aufgabe vor, eine 16-kerzige Glühlampe so von der normalen Helligkeit bis zum Verlöschen herunter zu regulieren, daß kein Zucken bei der Abstufung bemerkbar ist. Hierbei wird man mindestens 20—30 Abstufungen nötig haben. Man reguliere z. B. mit 20 Abteilungen bis auf $^1/_{25}$ der Leuchtkraft, also bis 0,64 Kerzen, herunter und mit 5 größeren Abstufungen bis zum völligen Erlöschen. Der Abschwächungs-Regulierwiderstand wird, wie gesagt, in die Zuführungsleitung, also in Serie zu der zu regulierenden Lampe oder Lampengruppe vorgeschaltet, sodaß sich in ihm je nach der Stellung des Regulierhebels, also der Zahl der eingeschalteten Abteilungen des Drahtwiderstandes, ein verschieden großer Teil der elektrischen Energie verzehrt, welcher Verlust sich als Erhitzung des Drahtes äußert. Man berechnet die Größe der einzelnen Widerstandsstreifen auf analytischem oder graphischem Wege. Um nur das Resultat obigen Beispieles einer 16-Kerzen-Lampe zu geben, hat man bei 0 Abteilungen des Widerstandes 100 Volt Spannung an der Lampe und die normale Helligkeit von 16 Kerzen (W = 0 Ohm), bei Abteilung 1 nur noch 97,5 Volt und 13,6 Kerzen (W = 4,8 Ohm), bei Abteilung 2 95,2 Volt und 11,5 Kerzen (W = 9,6 Ohm), bei Abteilung 3 93,0 Volt und 10 Kerzen (W = 14,4 Ohm) und so fort, bei Abteilung 7 nur noch 82,8 Volt und 5,1 Kerzen (W = 34,6 Ohm), bei Abteilung 13 des Widerstandes noch 71,2 Volt bei 2,0 Kerzen (W = 74,3 Ohm), endlich bei Abteilung 20 nur noch 55 Volt Spannung und 0,6 Kerzen Helligkeit der Lampe, also bei einem vorgeschalteten Widerstande aller 20 Abteilungen mit in summa 158 Ohm, während der Widerstand des Kohlenfadens der Lampe rot. 170 Ohm beträgt.

In dieser Weise werden z. B. die Regulatoren für Bühnenbeleuchtung berechnet. Man ersieht aus den obigen Zahlen auch den Einfluß der Lampenspannung auf die Leuchtkraft der Lampen. Will man eine ganz allmähliche Abstufung in vollkommenster Weise erreichen, so benutzt man z. B. Regulierwiderstände mit sehr vielen Drahtwindungen, bei denen man die Kontaktfeder auf der Windungsfläche selbst, also unmittelbar von Lage zu Lage schleifen läßt, oder man verwendet Flüssigkeitsregulatoren, bei denen statt des festen Drahtrheostaten ein Flüssigkeitsbassin, z. B. Salmiaklösung mit zwei oder mehr Eintauchelektroden versehen ist. Durch völliges Eintauchen oder Herausziehen einer Elektrodenplatte (z. B. Eisen) kann man den Strom in beliebiger Schnelligkeit in ganz vollkommener Abstufung an- oder abschwellen lassen. — Bei Wechselstromanlagen[7] ist die Regulierung bequemer durch Benutzung der Induktionsphänomene zu erreichen. Entweder könnte man einen kleinen Transformator anwenden, bei dem man den Abstand der primären von der sekundären Entwickelung oder die Zahl der induzierenden oder induzierten

Windungen verändert, oder den Eisenkern mehr oder weniger aus den Drahtwickelungen entfernt, oder auch durch unmittelbare Abstufung eines induktiven Widerstandes.

Die Dunkelstellvorrichtungen an Glühlampen haben übrigens außer für Bühnenzwecke auch insbesondere für Krankenhäuser, für Nachtbeleuchtung u. s. w. Bedeutung.

In der letzten Zeit hat man durch Einführung von Glühlampen, die mehrere Kohlenfäden enthalten, einerseits eine erhöhte Lebensdauer der Lampen, andererseits auch in gewissen Grenzen eine Abstufbarkeit der Helligkeit ermöglicht. Wir geben in Fig. 38 eine schematische Skizze einer solchen Glühlampe mit zwei Kohlenfäden (D. R. P. No. 73079).

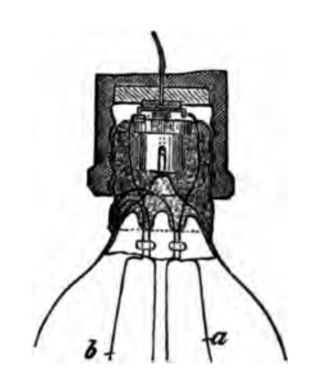


Fig. 38. Glühlampe mit 2 Kohlenfäden.

Die Einrichtung besteht darin, daß die beiden Kohlenfäden *a* und *b* an einem Ende dauernd mit dem Gewinde der Lampe und dadurch mit dem einen Pole (Fassungsgewinde) verbunden sind, während die anderen Kohlenfädenenden zu zwei voneinander getrennten Stromschlußplättchen geführt sind, welche niederdrückbar oder sonst bewegbar gegeneinander angeordnet im Lampenhals liegen. Durch das Einschrauben der Lampe ist z. B. in der Figur gerade erst der eine Kohlenfaden *b* eingeschaltet und glüht allein. Schraubt man die Lampe noch weiter in die Fassung hinein, so wird auch das andere Kontaktplättchen mit dem ersteren in Berührung kommen und somit auch dem Faden *a* Strom zugeführt werden. Es würden dann beide Fäden *a* und *b* glühen. — Wenn z. B. Faden *b* nach ca. 800 Stunden durchgebrannt ist, so hat man noch *a* zur Verfügung, sodaß man die Lebensdauer der ganzen Lampe ungefähr verdoppelt hat. Läßt man beide Fäden gleichzeitig brennen, so hat man die doppelte Leuchtkraft, falls jeder Faden für dieselbe Helligkeit, z. B. 16 Kerzen, bemessen ist. Ist ein Faden *a* für 16 Kerzen, *b* für 32 Kerzen eingerichtet, so hat man nach Belieben 32 oder 48 und später 16 Kerzen Helligkeit zur Verfügung. Diese Lampen kosten nur wenig mehr als die einfachen und haben sich hinsichtlich der Lebensdauer (2×1000 Stunden) und Oekonomie ($3—3^1/_2$ Watt per Kerze) anscheinend bewährt.

Ueber andere ähnliche Konstruktionen von Lampen, bei denen man zwei oder mehr Kohlenfäden nach Belieben durch verschieden tiefes Hineinschrauben u. dergl. entweder hintereinander, jeden — auch ohne daß der vorhergehende erst durchgebrannt ist — einzeln und endlich alle parallel brennen lassen und so die Helligkeit, z. B. bei zwei Fäden à 16 und 32 NK., schon in 4 Abstufungen verändern kann, liegen noch keine Erfahrungen vor.

Es ist nach dem jetzigen Stande der Glühlampenfabrikation anzunehmen, daß die Oekonomie der Lampen noch eine wesentliche Steigerung erfahren wird, und es ist dieser Umstand ein Hauptmoment für die Verbilligung und erhöhte Konkurrenzfähigkeit des elektrischen Glühlichtes.

1) H. F. Weber, *Bericht über den Internat. elektrot. Kongreſs zu Frankfurt a./M.* (1891) 2. *Bd.* 49.
2) *Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Berlin* (1894) 45.
3) Uppenborn, *Kalender für Elektrotechniker* (1895) 198.
4) *Elektrotechnischer Anzeiger* (1894) 978.
5) *Zeitschr. f. Beleuchtungswesen* (1894) 59.
6) Grawinkel u. Strecker, *Hilfsbuch für die Elektrotechnik.*
7) Kallmann, *Elektr. Zeitschr.* (1894) 274.

§ 23. Das Bogenlicht.

Die Beleuchtung mittels Bogenlichtes ermöglicht eine erheblich bessere Ausnutzung der aufgewendeten Energie zur Lichterzeugung, als dies bei Glühlampen der Fall ist.

In der Bogenlampe wird ca. 10 Proz. der zugeführten Arbeitsleistung in Licht umgesetzt, in der Glühlampe nur ca. 5 Proz.[1] Obgleich die Oekonomie der Bogenlichtbeleuchtung mindestens 5—6 mal größer ist als die des Glühlichtes, d. h. mit derselben Arbeitsleistung eine erheblich größere Leuchtkraft erzielt wird, so ist die Anwendung des Bogenlichtes doch im allgemeinen auf die Beleuchtung größerer Säle, Läden, Plätze und Straßen beschränkt.

Da die Bogenlampen an sich sehr konzentrierte und stark leuchtende Einzellichtquellen darstellen, so ist eine möglichst gleichmäßig verteilte, nur eben genügende Helligkeit in geschlossenen Räumen rationell nur schwer zu erzielen. Es ist daher mit der Bogenlichtbeleuchtung in der Regel eine gewisse Lichtverschwendung verbunden, da man eine so übergroße Helligkeit oft gar nicht nötig hätte, wie sie nun einmal selbst von den kleineren Bogenlampengrößen geliefert wird. Dazu kommt noch das Prädominieren des bläulichen Farbentones beim Bogenlicht, welches dem Tageslichte von allen Beleuchtungsarten am nächsten kommt und daher z. B. in Magazinen zur genauen Farbenunterscheidung nahezu unentbehrlich ist, in einfacheren Wohnräumen, ja auch in Festsälen jedoch dem Geschmacke des Publikums weniger zu entsprechen scheint. — Das der Bogenlampe zu Grunde liegende physikalische Phänomen, der sog. Davy'sche Lichtbogen, entsteht zwischen zwei Kohlenspitzen, wenn dieselben außer Kontakt miteinander gebracht werden, indem der hindurchfließende Strom in Gestalt eines Unterbrechungsflammenbogens von einer Spitze durch die Luft zur anderen übergeht. Nur bei einer gewissen Länge von höchstens einigen Millimetern (Abstand der Kohlenspitzen) erhält man die rationellste Lichtausbeutung; würde man die Kohlenstifte noch weiter voneinander entfernen, so würde der dadurch auseinandergezogene Lichtbogen schließlich abreißen. Der Lichtbogen bietet dem Stromdurchgang einen scheinbaren Widerstand dar. Die zur Lichtbogenbildung erforderliche elektrische Spannungsdifferenz zwischen den beiden Kohlenspitzen wird durch die Formel $\Delta = a + b \times l$ ausgedrückt, worin a und b konstante Größen, l die Länge des Lichtbogens, d. h. der Abstand der Spitzen voneinander in Millimetern ist. Nach zahlreichen Messungen hat sich für a ein Wert von 35—45, im Mittel also ca. 40 Volt ergeben, b ist im Mittel ca. 2,5 Volt für gleichgerichteten Strom. Die demnach an den Gleichstrom-Bogenlampen herrschenden Spannungen liegen zwischen 36 und 45 Volt, von der kleinsten Type mit ca. 1,5 Ampère bis zu den größten von ca. 30 Ampère Stromverbrauch hinauf.

Würde man nur sehr geringe Stromstärken anwenden, so würde der scheinbare elektrische Widerstand des Lichtbogens erheblich wachsen. Da nämlich dieser scheinbare Widerstand durch die vom Strome übergeführten glühenden Kohlenteilchen gebildet wird und die Temperatur derselben von der Größe der Stromstärke abhängt, so würde diese Glut bei geringerer Stromintensität erheblich schwächer sein und ein geringerer Transport der Kohlenteilchen, also der eigentlichen Träger der elektrischen Stromleitung, von Spitze zu Spitze stattfinden. So würde nach Uppenborn[2] bei der sehr geringen Stromstärke von z. B. $\frac{1}{10000}$ Ampère eine Spannung von ca. 4000 Volt, also nahezu das 100-fache der sonst bei der Bogenlampe herrschenden Spannung erforderlich sein, um einen Lichtbogen von 4 mm aufrecht zu erhalten.

Der vom Lichtbogen dargebotene scheinbare Widerstaud dürfte nach neueren Untersuchungen als Uebergangswiderstand aufzufassen sein, welcher an den Uebergangsflächen des Stromes zwischen dem Lichtbogen und der + und — Kohle auftritt, aber auch als elektromotorische Gegenkraft von manchen Forschern aufgefaßt wird. Nach Messungen von H. F. Weber ist die mittlere Temperatur des Lichtbogens auf ca. 2000° zu schätzen. Man hat nun beim Betrieb der Bogenlampen die Wirkungsweise des Gleichstromes und die des Wechselstromes zu unterscheiden. Wir betrachten zunächst und überhaupt vorzugsweise die Einrichtung der Gleichstrom-Bogenlampen als den bei weitem verbreitetsten und rationellsten Bogenlichtbetrieb[3]. Bei Gleichstrom benutzt man in der Regel die obere als positive, die untere als negative Kohle. Der Strom tritt also von der oberen Kohle durch den Lichtbogen in die untere Spitze über und reißt mithin die Kohlenpartikelchen von der oberen Kohlenspitze ab, indem er sie durch den Lichtbogen hinüberführt. Dabei höhlt sich die obere Kohle kraterartig aus und glüht stärker als die untere, welche sich zuspitzt. Um den Lichtbogen in der Mittelachsenrichtung der Kohlenspitzen möglichst festzuhalten und das Licht gleichmäßiger, ruhiger und geräuschlos zu machen, verwendet man als obere Kohle eine sog. Dochtkohle, d. h. einen Kohlenstift, der in der Mittelachse eine aus Kohlenpulver und Silikaten bestehende, fest eingepreßte und in geeigneter Weise durchtränkte Mischung, also einen Docht enthält, während als unterer Stift eine homogene Kohle dient.

Von der oberen Kohle wird doppelt so viel verbrannt, wie von der unteren. Man muß schon aus diesem Grunde bei gleicher Länge beider Stifte die obere Kohle dicker wählen als die untere, was auch zur Erhöhung der Leuchtkraft infolge der Verminderung der unteren Schattenwirkung beiträgt. Die Lichtausstrahlung nach den verschiedenen Neigungswinkeln ist eine ungleichmäßige. Vorteilhaft ist natürlich, daß infolge der kraterartigen Aushöhlung der oberen Kohle und deren höherer Glut der größte Teil des Lichtes nach unten geworfen wird. Man erhält das Maximum der Helligkeit unter einem Neigungswinkel von ca. 40—45° unter der Horizontalen, und zwar unter diesem Winkel ca. 180 Normalkerzen Lichtstärke pro 1 Ampère. Die mittlere sphärische Helligkeit beträgt bei z. B. 9,5 Ampère, also bei einem Energieverbrauch von 378 Watt nach Uppenborn ca. 323 NK., d. h. pro 1 NK. 1,17 Watt Verbrauch, mithin eine um ein Vielfaches bessere Lichtausbeute bei gleichem Stromverbrauch gegenüber dem

Glühlicht. — Zum Schutze gegen Witterungseinflüsse und zur Verminderung der scharfen Schatten, ferner zur Verhütung der Blendwirkung und zur möglichsten Egalisierung der Lichtausstrahlung schließt man den Lichtbogen in durchscheinende Glasglocken ein, welche allerdings die Lichtstärke bedeutend schwächen. Nach v. Hefner-Alteneck absorbieren Glocken von 300—500 mm Durchmesser aus mattgeschliffenem oder Alabasterglas ca. 15 Proz., aus Opalglas 20 Proz., aus Milchglas oft bei weitem mehr als 30 Proz. des Lichteffektes. Dieser Lichtverlust, der z. B. nach Wedding bei den (15 Ampère-)Bogenlampen unter den Linden in Berlin 40—50 Proz. betrug, wurde bei Anbringung eines kleinen Reflektors über der Glocke bis zu ca. 30 Proz. vermindert. Die kürzlich von Blondel in Paris erfundenen sog. Holophan-Gas-Glocken absorbieren nur 9 bis 13 Proz. des Lichtes und bedeuten somit einen erheblichen Fortschritt. Um abfallende verbrannte oder glühende Kohlenteilchen aufzufangen, ist unter der Flamme ein Aschenteller angebracht.

Die Bogenlampen werden entweder in Reihen- oder in Parallelschaltung betrieben. Die Reihenschaltung der Bogenlampen erfordert den geringsten Aufwand an Leitungsmaterial und wird vornehmlich zur Straßenbeleuchtung, in Fällen, wo z. B. nur Bogenlicht verwendet wird, benutzt. Man schaltet die Lampen nicht selten bis zu 12 Stück hintereinander, benötigt dabei also eine Betriebsspannung von ca. $12 \times 50 = 600$ Volt. In Amerika geht man oft noch erheblich weiter, indem man z. B. bis zu 100—200 Lampen oder mehr mit einer Betriebsspannung von demnach über 4000—8000 Volt in Reihenschaltung brennen läßt. Daß die Anwendung so hoher Spannung natürlich mit Lebensgefahr bei Berührung solcher Leitungen verbunden sein kann, ist schon früher erörtert worden. Man findet daher in Deutschland auch nicht derartige Hochspannungs-Bogenlichtanlagen, die aber natürlich in Anlage und Betrieb nur relativ geringe Kosten verursachen.

Die Hauptkonstruktionsteile einer Bogenlampe sind: die Befestigungsklemmen der beiden Kohlenstifte, die in der Regel verschiebbaren Kohlenhalter, ferner die Vorrichtungen, um die Kohlen, wenn kein Strom hindurchfließt, zusammenzubringen, sie ferner nach Schließen des Stromes zum Zwecke der Lichtbogenbildung auf einen bestimmten Luftabstand auseinanderzuziehen, ferner den allmählichen Nachschub der Kohlen zu bewirken, in dem Maße, wie die Spitzen durch den Strom abbrennen, und diverse Spezialschaltervorrichtungen. Das wesentlichste Organ des Mechanismus besteht in der selbstthätig wirkenden Nachschubeinrichtung für die Kohlen, welche fast ausschließlich durch elektromagnetische Wirkung vermittelt wird. Man unterscheidet nach der Schaltung dieses Regulier-Elektromagneten Hauptstrom-, Nebenschluß- und Differential-Bogenlampen. Die Hauptstrom-Bogenlampen sind vornehmlich für Einzelbetrieb geeignet, bei ihnen befindet sich der Elektromagnet in Hintereinanderschaltung zum Lichtbogen und also auch zum Stromkreise. Die Nebenschlußlampen haben die elektromagnetische Regulierspule in Parallelschaltung zum Lichtbogen. Dieselben regulieren demnach auf konstante Spannung und werden in Parallelschaltungsanlagen, also auch ohne weiteres in Parallelschaltung zu Glühlampen u. s. w. in den üblichen Leitungsnetzen verwandt. Die Differentiallampe endlich besteht in einer Kombination der beiden erstgenannten Elektromagnetanordnungen und ist am besten zur

Serienschaltung geeignet, jedoch auch viel in Parallelstromkreise verwendet. Wir geben in Fig. 39 eine schematische Darstellung des Differentialbogenlampen-Prinzips.

Wenn mit dem Abbrand der Kohlen die Lichtbogenlänge wächst, so steigt auch die Lampenspannung, und damit nimmt auch die Kraft der zum Lichtbogen parallel geschalteten, aus vielen Windungen dünnen Drahtes mit einem Widerstande von einigen hundert Ohm bestehenden oberen Spule zu, die infolgedessen den an einer Art Wagebalken beweglichen inneren Eisenkern emporzieht und auf der anderen Seite somit die Kohlen einander nähert. Kommen die Kohlen aber zu nahe zusammen, so steigt die Stromstärke, und die untere Hauptstromspule aus wenigen Windungen dickeren Drahtes zieht den Eisenkern mehr in sich hinein, wodurch der Lichtbogen wieder auseinandergezogen wird. Die Spulen sind in ihrer Stärke so bemessen, und der Doppelhebel ist so ausbalanciert, daß zwischen beiden Spulen bei normalem Brennen Gleichgewicht herrscht, und somit die Gegenwirkung beider Elektromagnete die normale Lichtbogenlänge und gleichmäßige Helligkeit während des Abbrennens der Kohlen aufrecht erhält.

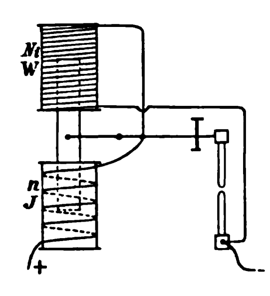
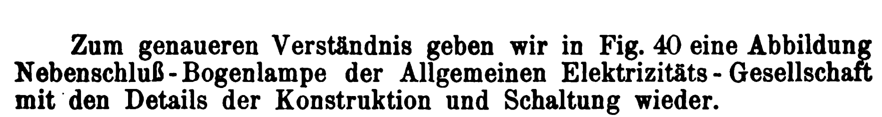


Fig. 39. Fig. 40.



Fig. 39. Schema der Differential-Bogenlampe.
Fig. 40. Nebenschluſs-Bogenlampe.



Zum genaueren Verständnis geben wir in Fig. 40 eine Abbildung Nebenschluß-Bogenlampe der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft mit den Details der Konstruktion und Schaltung wieder.

P_1 ist die positive, P_2 die negative Stromzuführungsklemme. Von P_2 geht ein isolierter Draht Kd durch das hohle Kohlenhalterrohr zur unteren Kohlenklemme K_1, welche vom Metallbügel N_1 des Lampenkörpers isoliert ist. Der oberen positiven Kohle bezw. dem Kohlenhalter K wird der Strom von P_1 aus durch eine blanke Kupferlitze J zugeführt. Der obere Kohlenhalter ist beweglich und hat an den seitlichen Kohlen-

halterrohren seine Führung. Das ganze System, bestehend aus dem Eisenanker *A* des Nebenschlußelektromagneten *EE*, dem oberen Kohlenträger *k* u. s. w., schwingt an den Blattfedern F_1 und wird durch die Gegenkraft der regulierbaren Spiralfedern F_2 im Gleichgewicht erhalten. Der obere Kohlenhalter *K* hängt nun an einer Kette, welche über ein Kettenrad läuft und mit einem Messinggewicht verbunden ist. Dasselbe gleitet in dem einen Kohlenhalterrohr und dient dazu, um beim Hochschieben des oberen Kohlenhalters die Kette zurückzuziehen. Das Regulierungswerk besteht aus dem Kettenrade mit Zahnübersetzung und einer Ankerhemmung. Die Funktion der Lampe ist nun die folgende:

Wenn die Kohlenspitzen sich nicht berühren, so herrscht zwischen ihnen die maximale Spannungsdifferenz von z. B. 50 Volt; der im Nebenschluß zu den Kohlen geschaltete Elektromagnet *EE* wird erregt und zieht den Anker *A* voll an, bewegt mit demselben das ganze System nach unten und löst dabei die Bremse *B* aus, wodurch die Arretierung der Ankerhemmung freigegeben wird. Infolge des an der Kette wirkenden Gewichtes des oberen Kohlenhalters sinkt dieser mit gleichförmiger, durch eine Luftpumpe *L* gedämpfter Geschwindigkeit nach unten, bis sich die beiden Kohlen berühren. Dadurch ist der Nebenschlußelektromagnet kurz geschlossen, verliert seinen Magnetismus und läßt den Anker *A* los, welcher durch die Spiralfedern F_2 mit dem ganzen System nebst der oberen Kohle ein wenig gehoben wird und so durch Auseinanderziehen der Kohlenspitzen den Lichtbogen bildet. Es stellt sich nun ein Gleichgewichtszustand derart ein, daß bei normaler Lichtbogenlänge und Stromstärke der Anker *A* über dem Elektromagnet schwebt; beim Abbrande der Kohlen steigt die Spannung am Elektromagneten, und der Anker wird so weit angezogen, bis die Bremse die Hemmung frei giebt und die obere Kohle sinken läßt, sodaß ein gleichmäßiges Licht erzeugt wird.

Die üblichen Bogenlampen werden für Stromstärken von 1,5 bis 35 Ampère u. s. w. gebaut, wobei bei Gleichstrom die Lampenspannung (an den Kohlen) 30—45 Volt beträgt. Die obere Kohle ist eine Dochtkohle von 8—25 mm Durchmesser für obige Stromstärkenintervalle in allmählicher Abstufung, die untere Homogenkohle ist für dieselben Ströme erheblich dünner, nämlich 5 bis 18 mm. Beispielshalber wurden nach einem Prüfungsprotokoll an einer Nebenschluß-Bogenlampe für 8 Ampère gemessen: Lichtbogenlänge: 1,90 mm, wobei diese Länge nur um 4,4 Proz. im Mittel schwankte; die mittlere Lampenspannung betrug 40,1 Volt und wies im Mittel nur 1,1 Proz. Abweichung auf. Der Abbrand der Kohlen (Dochtkohle 18 mm Durchmesser, Homogenkohle 11 mm Durchmesser) betrug für die positive Kohle 15,6 mm pro Stunde, für die negative Kohle 18,2 mm pro Stunde. Bei 150 mm Länge per Kohle würde die Lampe demnach 6,6 Stunden Brenndauer besitzen, wenn man noch 30—35 mm für die Restlänge der Kohlen rechnet. Man nimmt für Lampen mit 10-stündiger Brenndauer jeden der beiden Kohlenstifte 200 mm lang, für 16-stündige Brenndauer entsprechend je 290 mm lang.

Der Verbrauch an Kohlenstiften läßt sich durch die kürzlich in den Handel gebrachte von Hardtmuth & Co. in Wien erfundene Vorrichtung zur Verminderung des Abbrandes der Kohlen sehr erheblich reduzieren. Der Hardtmuth'sche Dauerbrenner[4] besteht aus einer kleinen, die obere Kohle umgebenden Schutzhülse, welche

durch einen Bügel und Rahmen getragen wird. Der Rahmen sitzt mittelst drei kleiner Platinklammern auf der Spitze der unteren (negativen) Kohle auf und sinkt mit dieser allmählich herab. Die mit feuerfestem Material ausgekleidete Schutzhülse der oberen Kohle schützt die obere Kohle vor heißen Luftströmungen und verhindert deren vorzeitige Abnutzung an der Oberfläche. Versuche ergaben, daß die Leuchtkraft der Bogenlampe durch Aufsetzen des leichten Dauerbrenners sich nicht veränderte. Dagegen betrug die Abnutzung der oberen Kohle mit diesem Apparat nur ca. $^1/_8$, bei der unteren $^2/_3$ des sonst eintretenden Abbrandes der Stifte. Mithin erhält man mit denselben Kohlenstiften mit diesem Apparat eine 2—3 mal größere Brenndauer als sonst. Die bisherigen Angaben gelten für Gleichstrombetrieb.

Bei Wechselstrom[5] brennen beide Kohlenstifte gleichmäßig ab, man wählt für jeden derselben Dochtkohle. Die Lampenspannung beträgt hier nur ca. 28 Volt. Bei Wechselstromlampen ist ein guter Reflektor besonders wichtig, um das nach oben gestrahlte Licht nach unten hin zu werfen. Gute Reflektoren absorbieren in der Regel 10—20 Proz. des Lichtes. Als äußeres Merkmal der Wechselstrom-Bogenlampen sei deren summendes Nebengeräusch erwähnt. Dieses Summen scheint um so stärker zu sein, je mehr sich die Form der Wechselstromkurve von der reinen Sinusform entfernt, verschwindet aber kaum vollständig. Dieses Tönen bei Wechselstrom wirkt mit einem eigentümlichen, aus dem Lichtbogen selbst herrührenden schnarrenden Nebengeräusch zusammen oft so laut und störend, daß sich bei manchen Konstruktionen u. U. die Benutzung der Wechselstromlampen in geschlossenen Räumen verbieten kann.

Alle Bogenlampen, welche nicht in größerer Zahl hintereinander geschaltet werden, benötigen zur Beruhigung des Lichtbogens einen Vorschaltwiderstand. Bei einzelnen parallelgeschalteten Gleichstromlampen beträgt die Netzspannung ca. 65 Volt, sodaß 20—25 Volt vor jeder Lampe in einem Widerstande verzehrt werden. Fig. 41 stellt einen solchen verstellbaren Vorschaltwiderstand dar. Es ist die Bemessung des Widerstandsdrahtes und die Montage so getroffen, daß keine zu starke Erhitzung und Feuersgefahr durch die Anbringung desselben entstehen kann. Nicht selten findet man Widerstände, die durch zu starken Stromdurchgang glühend werden.



Fig. 41. Vorschaltwiderstand für Bogenlampen nebst Gehäuse.

Bei den 110-Volt-Anlagen schaltet man bei Gleichstrom 2 Lampen hintereinander und einen gemeinsamen Widerstand vor. Bei z. B. 10 Ampère Stromverbrauch der Lampen, welche selbst eine Regulierspannung von je 40 Volt haben, berechnet sich leicht die Größe des zu wählenden Vorschaltwiderstandes. Denn die Lampenspannung ist zusammen $2 \times 40 = 80$ Volt, sodaß 30 Volt im Widerstande verzehrt werden müssen. Es ergiebt sich demnach $\frac{30}{10} = 3$ Ohm für denselben. — Bei Wechselstromanlagen benutzt man oft statt des

Ohm'schen Widerstandes eine sogenannte Drosselspule, die einen nur scheinbaren induktiven Widerstand darbietet. Endlich ist eine sehr angenehme Kontrolle des Funktionierens von Bogenlampen durch die sog. Indikatoren (Fig. 42) ermöglicht.

Diese kleinen Elektromagnete sind z. B. bei Außenbogenlampen am Schaltbrette im Gebäude angebracht und zeigen das Brennen derselben dadurch an, daß ein kleiner farbiger Eisenanker bei Stromdurchgang nach den Polen zu gedreht wird, während er bei ausgeschalteten Lampen oder im Falle einer Störung oder Unterbrechung des Kreises in der Mittelstellung sich befindet.

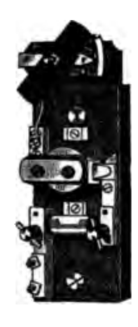


Fig. 42. Stromindikator für Bogenlampen nebst Ausschalter und Sicherung.

Eines der großartigsten Anwendungsgebiete der Bogenlampen bildet die Benutzung derselben bei Scheinwerfern. Des Interesses halber geben wir in Fig. 43 den größten bisher ausgeführten Reflektor wieder, welcher von der Elektricitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert & Comp.[6] auf der Weltausstellung in Chicago im Betriebe vorgeführt wurde.

Der Parabolspiegel dieses Scheinwerfers besitzt einen Durchmesser von 1500 mm, bei 650 mm Brennweite. Die Kohlenspitzen sind, wie bei Scheinwerfern in der Regel, horizontal angeordnet, die Stromstärke beträgt 150 Ampère bei ca. 60 Volt Spannung. Die positive Dochtkohle hat 38 mm, die negative Homogenkohle 27 mm Dicke. Die Lichtstärke beträgt ca. 47000 NK., welche durch die Wirkung des Reflektors bis zu einer Leuchtkraft von ca. 194000000 NK. erhöht wird. Ein solcher Scheinwerfer verbraucht demnach einen Effekt von $150 \times 60 = 9000$ Watt = rot. 15 P. S. Der Reflektor kann durch 2 kleine, im Gehäusefuß angebrachte Elektromotoren sowohl in horizontaler wie in vertikaler Richtung gedreht werden.

Bei der riesigen Lichtwirkung ist es erklärlich, daß der Lichtschein dieses in großer Höhe aufgestellten Reflektors unter Umständen auf eine Entfernung von über 100 Kilometern gesehen werden konnte.

Während das Bogenlicht für die Erzielung außerordentlicher Effekte, für die Beleuchtung großer Strecken und freier Plätze hervorragende Erfolge aufzuweisen hat und in gewisser Hinsicht also auch ein bedeutsamer Faktor für die öffentliche Sicherheit, besonders für den Bahnverkehr und wegen der nebeldurchdringenden Kraft der Scheinwerfer ein uuersetzliches Requisit für den Schiffsverkehr geworden ist, bleibt seine Verwendung für geschlossene Räume mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft.

Um kurz zunächst die elektrische Straßenbeleuchtung im allgemeinen zu erwähnen, so können Glühlampen als Ersatz für Gaslaternen auf denselben Trägern und in denselben Distanzen (ca. 25 m bei ca. 3,5 m Höhe) angebracht werden, während Bogenlampen am besten an Querseilen oder Ausladern über der Mittelachse der Straße aufgehängt werden. In Berlin Unter den Linden beträgt die Lampenhöhe 7,5 m, der Abstand je zweier benachbarter Lampen rot. 40 m.

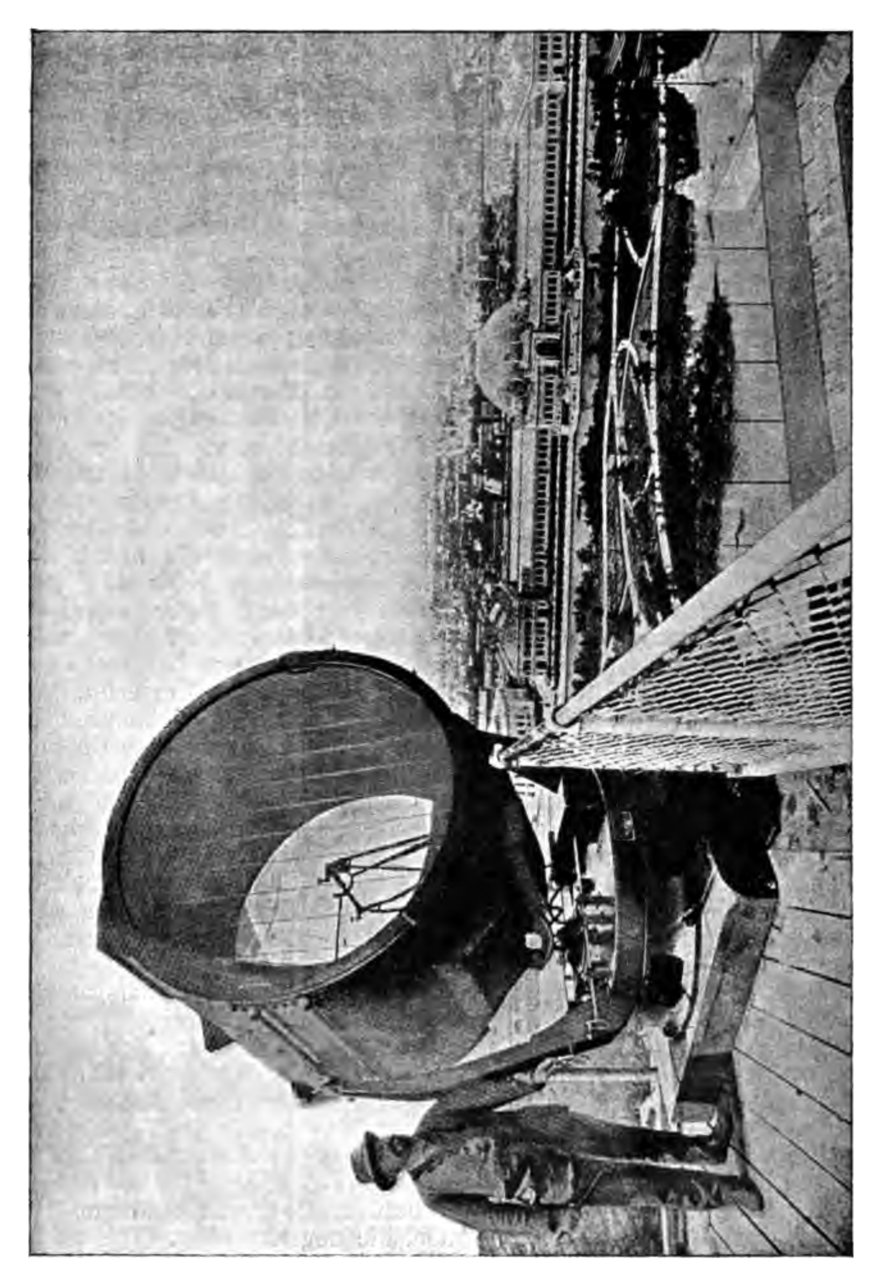


Fig. 43. Großer elektrischer Scheinwerfer.

Bei einer Stromstärke von 15 Amp. und 45 Volt Lampenspannung (die Bogenlampen sind mit Vorschaltwiderstand zu je 4 in Serie zwischen die Außenpole des Dreileiterkabelnetzes, also 220 Volt geschaltet) beträgt die maximale Helligkeit unter einem Ausstrahlungswinkel von ca. 45—50° unter der Horizontalen ca. 2900 NK.). Während in Berlin die 178 Straßenbogenlampen mit Ausnahme der in der Mittelallee der Linden aufgehängten an sog. Bischofstäben oder auf Ständern auf den Bürgersteigen angebracht sind, befinden sich die Lampen in Hamburg bei 8 m Höhe des Lichtbogens über dem Straßenniveau in Abständen von ca. 27 m und arbeiten mit einer Stromstärke von nur 8 Ampère, in München sind sie in Höhen von 10 bis 15 m aufgehängt.

Für die Beleuchtung von Fabrikräumlichkeiten, Arbeits- und Zeichensälen u. s. w. mittels Bogenlichtes ist es erforderlich, die unvermeidlich damit verbundenen scharfen Schatten- und Helligkeitskontraste auf ein möglichst geringes Maß zu reduzieren. Man muß ein Mittel zur indirekten Lichtwirkung anwenden. Oft erreicht man das in der Weise, daß man z. B. bei Gleichstrom-Bogenlampen durch Vertauschung der Kohlenstifte (gegen die sonst übliche Anordnung von unten — oben + Kohle) das Licht nach oben gegen die weiß getünchte Decke wirft und eventuell unter Zuhilfenahme von Deckenreflektoren das Licht genügend gleichmäßig nach allen Seiten hin ausbreitet. Jedoch pflegt mit dieser Anordnung ein unruhiges und ungleichmäßiges Abbrennen der Kohlen verbunden zu sein, indem Kohlenteilchen in den (hier unten liegenden) Krater gelangen und den Lichtbogen stören. Besser wird eine indirekte Beleuchtung mittels des Hrabowski'schen Oberlichtreflektors von Siemens und Halske (vergl. auch Bd. 7, S. 113 dieses Handbuches) erreicht, bei welchem die Kohlen wie üblich angeordnet sind, jedoch ein direktes Ausstrahlen des Lichtes nach unten hin verhütet ist. Zu dem Behufe ist oberhalb der Lampe ein großer, flach-glockenförmiger, transparenter Reflektor angeordnet, welcher alles nach oben gestrahlte Licht auffängt und zerstreut nach unten wirft. Ferner sitzt dicht unterhalb des Lichtpunktes ein dreieckig geschliffener Glasring, der den mittleren Teil des ausgestrahlten Lichtes auf den oberen Reflektor zurückwirft, und endlich umgiebt eine halbkugelförmige Alabasterglocke den unteren Teil der Lampe, um das nach unten ausgestrahlte Licht zu zerstreuen.

Der Oberlichtreflektor absorbiert vermöge seiner Transparenz weniger Licht als undurchsichtige Reflektoren, indem er das nicht von ihm reflektierte Licht zur abgeschwächten Beleuchtung der Decke u. s. w. hindurchläßt, ferner braucht die Decke des Zimmers nicht unbedingt weiß zu sein, da sie nicht zur Lichtzerstreuung zu dienen braucht.

In ähnlicher Weise sind die neuen Schuckert'schen Bogenlichtlaternen Fig. 44 und 45 zur Erzielung zerstreuten Lichtes eingerichtet. Bei der Laterne Fig. 44, welche für Fabrikbeleuchtung bestimmt ist, befindet sich die positive Kohle unten, die negative oben. Das nach unten ausgestrahlte Licht wird durch den kugelförmigen Reflektor nach oben zurückgeworfen. Die obere Verglasung der Laterne besteht nun aus Streuern oder aus mattem Glas oder Ueberfangglas. Das auf diese Verglasung auffallende Licht gelangt nun bereits in teilweise diffuser Verteilung an die weiß getünchte Zimmerdecke, von wo

aus es in sehr gleichmäßiger Zerstreuung in den zu beleuchtenden Raum sich ausbreitet. Die in Fig. 45 dargestellte Laternenanordnung bietet den Vorteil gegenüber Fig. 44, daß hierbei die für ein regelmäßiges Brennen nicht selten störende Vertauschuug der Kohlen nicht erforderlich ist. Es ist also wie bei der gewöhnlichen Bogenlampe die positive Kohle oben angeordnet. Die nach unten geworfenen Lichtstrahlen einer gewöhnlichen Bogenlampe fallen auf zwei unter bestimmtem Winkel zusammengestellte Spiegel. Diese Spiegel bestehen aus vielseitigen Pyramiden, die aus einzelnen ebenen

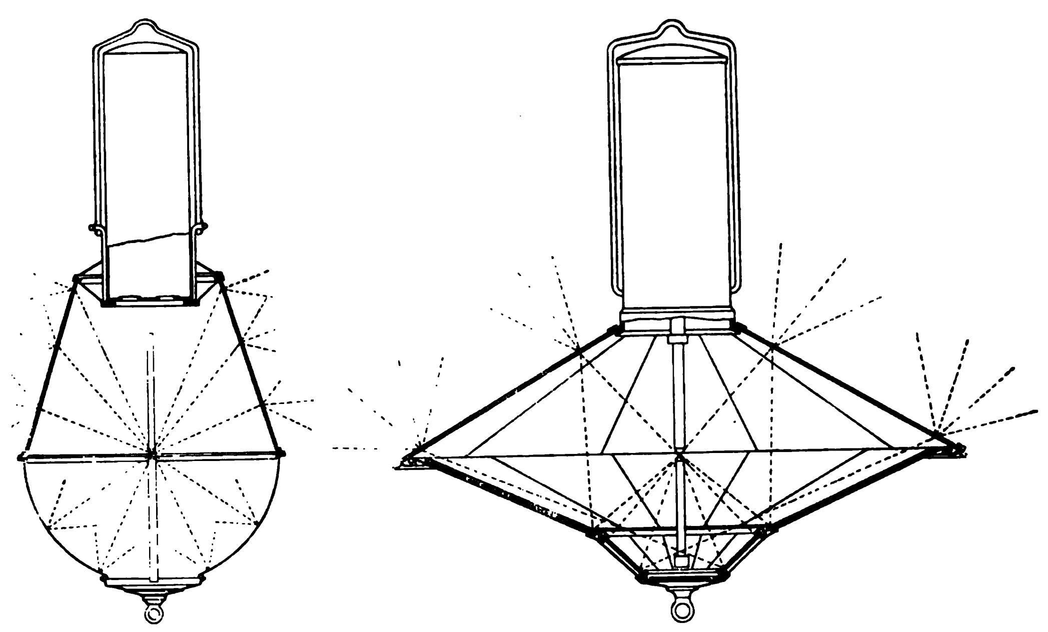


Fig. 44 und 45. Reflektor-Bogenlicht-Laterne.

Spiegeln zusammengesetzt sind. Die sich an die Spiegel anschließende vielseitige Laterne ist mit mattem oder Ueberfangglas belegt.

Sämtliche auf die Spiegel fallenden Lichtstrahlen werden auf die verglaste Fläche der Laterne zurückgeworfen, durch welche sie größtenteils unter weiterer reflektierender Mitwirkung der weißen Zimmerdecke in diffusem Zustande im Raume (Schul- und Arbeitssälen) verteilt werden. Nach Nerz[7] erzielt man mit diesen Reflektorlampen schon bei 3,8 m Zimmerhöhe z. B. mit einer 10 Ampère-Bogenlampe eine gleichmäßige Helligkeit von 30 Meterkerzen, auf einer Fläche von 91 Quadratmetern.

Schließlich mögen noch einige Zusammenstellungen zum Vergleiche des elektrischen Lichtes mit dem Gaslichte hier Platz finden.

Nach Heim[8] ergiebt ein Vergleich kleiner Bogenlampen (ca. 1,5 bis 3 Ampère Stromstärke) mit dem Gasglühlicht, daß eine kleine Bogenlampe bei 2,0 Ampère Stromstärke und 34 Volt Spannung, also 68 Watt Energieverbrauch eine mittlere sphärische Lichtstärke von 73 NK. liefert. Rechnet man den Verlust durch den Vorschaltwiderstand hinzu, so sind in diesem Falle pro Kerzenstärke 1,45 Watt

Energie aufzuwenden. Inklusive Verbrauches an Kohlenstiften, Amortisation und Verzinsung erhält man pro je 100 Kerzenstunden 14,93 Pf. Kosten. Für Gasglühlicht erhält man bei einem Preise von 16 Pf pro cbm Leuchtgas und bei einem Gasverbrauch von 3,42 l für 1 Kerzenstunde und bei einer mittleren sphärischen Helligkeit von 23,7 NK. einen stündlichen Gesamt-Gasverbrauch von 81 l was inkl. Zinsen, Amortisation und Glühkörpern eine Ausgabe von 12,07 Pf. pro 100 Kerzenstunden ergiebt (wobei angenommen ist, daß nach 400 Stunden Brenndauer die Lichtstärke des Gasglühlichtes auf die Hälfte der anfänglichen gesunken sei), d. h. 78 Proz. der Kosten der Beleuchtung durch kleine Bogenlampen. — Vergleicht man mit Bourquin[9] die Kosten einer Gasbeleuchtung mit Wenham-Lampen mit denjenigen von Bogenlampen, wobei das Gas zum Betriebe von Gasmotoren bezw. Dynamos gleichsam indirekt zur Lichterzeugung benutzt wird, so erhält man unter Einrechnung von Zinsen, Amortisations- und Instandhaltungskosten das Ergebnis, daß die Betriebskosten einer kompletten elektrischen Beleuchtung mit 8 Bogenlampen (von je 6 Amp. bei 65 Volt Gesamtbetriebsspannung, also 390 Watt Verbrauch, und ca. 390 NK. mittlerer sphärischer Lichtstärke pro Lampe) nicht höher ausfallen als bei der direkten Benutzung des Leuchtgases in 24 Wenham-Lampen (angenommen ist, daß jene Wenham-Lampe bei 120 Kerzen mittlerer sphärischer Helligkeit einen Gasverbrauch von 600 Litern pro Stunde hat). — Dehnen wir diesen Vergleich der direkten Lichtausbeute des Leuchtgases mit der indirekt durch Umwandlung der mechanischen Energie der Gasmotoren in elektrisches Licht erzeugten Lichtmenge noch weiter aus, so gelangen wir zu folgenden Werten[10]: Vorausgesetzt sei, daß ein kleiner Gasmotor bei 1 cbm Gaskonsum pro Stunde 1 P. S. an der Riemscheibe = rot. 537 nutzbare Watt elektrischer Energie am Verbrauchsorte ergiebt; ein großer Gasmotor dagegen liefere bei 0,6 cbm stündlichem Gasverbrauch 1 P. S. = 600 Watt nutzbare elektrische Arbeit. Ferner nehmen wir für Glühlicht einen Verbrauch von 3—3,5 Watt pro Normalkerze an und für Bogenlampen bei z. B. 50 Volt und 14 Ampère eine mittlere räumliche Lichtstärke von 1228 NK. Alsdann entwickeln die einzelnen Brenner bei einem stündlichen Gasverbrauch von 1 cbm die nachstehend verzeichneten Helligkeiten:

Schnittbrenner, klein	28	„
„ groſs	47	„
Argandbrenner	90	„
Auerbrenner	526	„
Elektrisches Glühlicht, kleine Anlagen	179	„
„ „ groſse „	333	„
Elektrisches Bogenlicht, kleine „	942	„
„ „ groſse „	1750	„

Von Zinsen und Amortisation abgesehen, ist demnach an Oekonomie das Bogenlicht allen anderen Beleuchtungsarten bei weitem überlegen.

1) Nichols, *Centralblatt f. Elektrotechnik* 12. *Bd.* 134.
2) Uppenborn, *Kalender u. s. w.* (1894) 226.
3) Grawinkel u. Strecker, *Hilfsbuch u. s. w.*
4) *Elektrot. Zeitschr. Berlin* (1894) 628.
5) Wedding u. Rössler, *Elektrot. Zeitschr.* (1894) 315.

6) **Schuckert u. Co.,** ***Elektr. Zeitschr.*** **(1893) 681.**
7) **Herz,** ***Elektr. Zeitschr.*** **(1894) 478.**
8) **Heim,** ***Elektrot. Zeitschr.*** **(1893) 228.**
9) **Bourquin,** ***La Lumière electrique*** **(1894) 123.**
10) ***Zeitschr. f. Beleuchtungswesen*** **(1894) 45.**

Schlussbemerkungen.

Wenn wir in den vorhergehenden Kapiteln den jetzigen Stand der elektrischen Beleuchtungstechnik in großen Zügen skizziert haben. so möge am Schlusse dieser Betrachtungen ein kleiner Ausblick auf die Zukunft des elektrischen Lichtes oder richtiger das elektrische Licht der Zukunft Platz finden.

Wenn auch die Hoffnungen einer praktischen Verwertung der unmittelbaren Umwandlung der Strahlen elektrischer Kraft in Lichtstrahlen im Sinne der bahnbrechenden Forschungen von Heinrich Hertz in naher Zukunft schwerlich in Erfüllung gehen werden, so ist doch durch die großartigen Experimente von Nicola Tesla die Möglichkeit der Erzeugung elektrischen Lichtes auf einem von den bisherigen Systemen durchaus abweichenden Wege dargethan worden.

Tesla benutzt Ströme, welche millionenmal in der Sekunde ihre Richtung wechseln, und bei dieser enormen Schwingungszahl und bei Spannungen von Hunderttausenden oder auch Millionen von Volt keinerlei schädliche Wirkungen auf den menschlichen Organismus hervorbringen. Die Tesla'schen Phänomene bringen die glänzendsten Lichteffekte mittels der Wirkungen einer rapide wechselnden elektrostatischen Kraft hervor, und es gelingt, mit Strömen von enorm hoher Frequenz feste Körper zur Weißglut zu bringen, Phosphorescenzeffekte verdünnter Gase und Leuchten von Gasen zu erzeugen. Gegenüber der jetzigen Art der Umwandlung der elektrischen Ströme in Lichtwirkungen ist es mit dem Tesla'schen Systeme möglich, dieselben Beleuchtungseffekte bereits mit dem ca. 3300sten Teile des jetzt erforderlichen Energie-Aufwandes zu erzielen. Gelingt es auf diese Weise schon, Lichtwirkungen von Körpern zu erzielen, die nur durch einen einzelnen Draht mit einem Pole einer entsprechenden Induktionsspule verbunden werden, so ist Tesla auch ferner der festen Ueberzeugung, daß das Problem, elektrische Energie auch ohne Verwendung irgend eines Drahtes auf beliebig weite Entfernungen vermittels der Erde durch elektrostatische Wirkung zu übertragen, in nicht zu ferner Zukunft seiner Verwirklichung entgegengeführt werden wird. — Mag man sich auch gegenüber diesen weitfliegenden Plänen, die aber immerhin auf den Postulaten exakter Forschung und unzweifelhafter praktischer Versuche basieren, mehr oder weniger skeptisch verhalten, so lassen doch zweifellos die großartigen Erfolge der angewandten Elektricität innerhalb der letzten Jahre selbst überschwänglich klingende Hoffnungen nicht ganz unberechtigt erscheinen. Insbesondere können möglicherweise die Versuche von Ebert und Wiedemann den Weg zur Herstellung praktisch-brauchbarer Lampen für Ströme von hoher Wechselzahl, sogenannter Luminescenz-Lampen anbahnen.

Was insbesondere das Gebiet der öffentlichen Gesundheitspflege anbetrifft, so sind vor allem auch von der weiteren Ausbreitung des Elektromotorenbetriebes die segensreichsten Wirkungen für die Hygiene zu erhoffen. Die Elektromotorenanwendung in Fabrik-

betrieben stellt unzweifelhaft die vollkommenste Art von Kraftverteilung dar; der Fortfall aller Riemen, Transmissionen u. s. w., die außerordentliche Handlichkeit, der absolut geruchlose und fast geräuschlose Betrieb derselben, und der Umstand, daß sie nur ein verschwindendes Maß von Bedienung erfordern, endlich auch der hohe Wirkungsgrad derselben, das alles sind so schwerwiegende Vorzüge der Elektromotoren für bequeme und rationelle Kraftverteilung, nicht zum wenigsten auch für das Kleingewerbe und endlich im Interesse der Unfallverhütung, wie sie kein anderes System der Energieverteilung und -erzeugung aufweisen kann.

Speziell in hygienischer Hinsicht werden die Vorzüge elektrisch betriebener Zimmerventilatoren mit der stetig zunehmenden Ausbreitung derselben mehr und mehr empfunden werden. Als Beweis für den außerordentlichen Aufschwung, den die Verteilung elektrischer Kraft — abgesehen vom Betriebe elektrischer Bahnen — in den letzten Jahren aufweist, diene die Thatsache, daß z. B. an das Leitungsnetz der Berliner Elektricitätswerke bis zum Frühjahr des Jahres 1894 bereits über 360 Elektromotoren mit in Sa. 1200 Pferdestärken (Kosten der Pferdekraftstunde ca. 12 Pf.) angeschlossen waren und im letzten Jahre einen Energieverbrauch beanspruchten, der mehr als 10 Proz. der Gesamtleistung der Berliner Elektricitätswerke betrug und sogar die Gesamtleistung (Licht und Kraft zusammen) selbst der größten anderen Elektricitätswerke deutscher Städte überstieg.

Von anderweitigen Verwendungsarten des elektrischen Stromes würde hier noch vornehmlich die elektrische Heizung in Betracht kommen. Jedoch ist auf diesem Gebiete an eine erfolgreiche Konkurrenz der Elektricität mit den anderen Heizungsmitteln vorläufig noch nicht zu denken. Es könnte sich höchstens um die elektrische Heizung von Straßenbahnwagen handeln, wie sie bei elektrischen Bahnen, insbesondere in Amerika, auch schon mehrfach in Anwendung gekommen ist. Vereinzelte Fälle praktischer Benutzung der in Städten verteilten elektrischen Energie zur Heizung sind zwar bereits zu vermerken, es handelt sich jedoch dann stets um die Ausnutzung von Wasserkräften, die einen sehr niedrigen Preis der elektrischen Kraft ermöglichten. Im allgemeinen muß vorläufig trotz der bedeutenden Bequemlichkeit und Feuersicherheit der elektrischen Oefen die allgemeinere Verbreitung der elektrischen Heizung an der Kostenfrage scheitern. —

Es würde zu weit führen, wollten wir an dieser Stelle noch der zahlreichen Verwendungsarten der elektrischen Starkströme gedenken, welche teils direkt als Mittel zur Reinigung und Klärung der Abwässer, zur Verteilung des Rauches der Essen u. s. w., teils indirekt in gewissem Sinne zur öffentlichen Gesundheitspflege und Sicherheit beitragen können. Alle diese Arten der praktischen Anwendung der Elektricität werden im großen und ganzen aber stets erst dann als allgemeine Wohlthaten von der Bevölkerung segensreich empfunden werden können, wenn die elektrische Kraft nicht in Einzelbetrieben erzeugt, sondern von Centralpunkten aus in die einzelnen Konsumstellen verteilt wird. Die allgemein geltenden leitenden Grundsätze für die elektrischen Anlagen jeder Art sind im Vorhergehenden dargelegt worden. Die objektive Beurteilung aller Thatsachen wird hoffentlich ein wenig dazu beitragen, etwaige übertriebene Vorstellungen von den Gefahren

elektrischer Anlagen zu entkräften. Eine unparteiische Würdigung muß zu dem Schlusse führen, daß die Elektrotechnik in sicherheitstechnischer und auch in ökonomischer Hinsicht allen Anforderungen in weitestem Umfange gerecht werden kann.

Figuren - Verzeichnis.

Fig. 35. Lampenverteilungsplan für eine Wohnhaus-Installation (Katalog der Allg. Elektr.-Ges.).
Fig. 36. Umschaltvorrichtung (Elektrot. Zeitschrift 1894, Heft 1).
Fig. 37. Umschaltvorrichtung (Katalog der Allg. Elektr.-Ges.).
Fig. 38. Glühlampe mit 2 Kohlenfäden (Patentblatt 1894).
Fig. 39. Schema der Differentialbogenlampe (Kalender für Elektrotechniker 1895 S. 196).
Fig. 40. Nebenschlufsbogenlampe (Katalog der Allg. Elektr.-Ges.).
Fig. 41. Vorschalt-Widerstand für Bogenlampen (Katalog der Allg. Elektr.-Ges.).
Fig. 42. Stromindikator für Bogenlampen nebst Ausschalter und Sicherung (Katalog von Siemens u. Halske).
Fig. 43. Grofser elektrischer Scheinwerfer (Schuckert u. Ko., Elektrot. Zeitschrift 1893 S. 681.
Fig. 44.
Fig. 45. } Reflektor-Bogenlicht-Laternen von Schuckert u. Ko. (Elektrot. Zeitschrift 1894 S. 478).

*Landwirtschaftl. Verwertung der Fäkalien (Direkt. Dr. J. H. Vogel in Berlin).
Flußverunreinigung (Privatdozent Dr. Jurisch in Berlin).

Abteilung 2: **Bereits erschienen.**
*Leichenwesen einschl. der Feuerbestattung (Medizinalrat Wernich in Berlin).
*Abdeckereiwesen (Medizinalassessor Wehmer in Berlin).
*Straßenhygiene, d. i. Straßenpflasterung, -reinigung und -besprengung, sowie Beseitigung der festen Abfälle (Bauinspektor E. Richter in Hamburg).

BAND III: Nahrungsmittel und Ernährung.

Abteilung 1: **Bereits erschienen.**
*Einzelernährung und Massenernährung (Prof. J. Munk in Berlin).
*Nahrungs- und Genußmittel (Prof. Stutzer in Bonn).
*Gebrauchsgegenstände, Emaillen, Farben (der Herausgeber).

Abteilung 2:
Fleischschau (Direktor Dr. Hertwig in Berlin).
*Nahrungsmittelpolizei (Prof. Finkelnburg in Bonn).

BAND IV: Allgemeine Bau-(Wohnungs-)Hygiene.
*Einleitung: Einfluß der Wohnung auf die Gesundheit (Sanitätsrat Dr. Oldendorff in Berlin).
*Das Wohnungselend der großen Städte (Dr. Albrecht von der Centralstelle für Arbeiterwohlfahrt in Berlin).
} **Bereits erschienen.**

1) Eigentliche Wohnungshygiene:
a) *Bauplatz, Baumaterialien, Anlage von Landhäusern, Mietskasernen, Arbeiterwohnhäusern und billigen Wohnungen überhaupt. Gesetzliche Maßnahmen zur Begünstigung gemeinnütziger Baugesellschaften (Dozent Chr. Nußbaum in Hannover).
b) Stadtbaupläne, Bauordnungen, behördliche Maßnahmen gegen ungesunde Wohnungen (Baurat Stübben in Köln).
2) Heizung und Ventilation, technische Kapitel: städt. Ingenieur Schmidt in Dresden, hygienische Kapitel: der Herausgeber.
3) Beleuchtung:
a) *Theoretischer Teil (Prof. Weber in Kiel).
b) *Gasbeleuchtung (Ingenieur Rosenboom in Kiel).
c) *Elektrische Beleuchtung und andere Anwendungen des elektr. Stromes im Dienste der öffentlichen Gesundheitspflege (Dr. Kallmann, Elektriker der Stadt Berlin).
} **Bereits erschienen.**

BAND V: Spezielle Bauhygiene [Teil A].

Abteilung 1:
Krankenhäuser.
a) Bau der Krankenhäuser (Bauinspektor Ruppel in Hamburg).
b) Verwaltung der Krankenhäuser (Direktor Merke in Moabit-Berlin).
Aerztliche Ansprüche an militärische Bauten: Militärlazarette u. s. w. (Oberstabsarzt Dr. Villaret in Spandau).

Abteilung 2:
Gefängnishygiene (Geheimrat Dr. Baer in Berlin).

BAND VI: Spezielle Bauhygiene [Teil B].
*Markthallen und Viehhöfe (Baurat Osthoff in Berlin).
*Volksbäder (Bauinspektor R. Schultze in Köln).
*Theaterhygiene (Prof. Büsing in Berlin-Friedenau).
} **Bereits erschienen.**
*Unterkünfte für Obdachlose, Wärmehallen (Privatdocent und Baumeister Knauff und der Herausgeber, beide in Berlin).
*Schiffshygiene (Dr. D. Kulenkampff in Bremen).
Eisenbahnhygiene (Sanitätsrat Braehmer in Berlin).

BAND VII, Abteilung 1:
Oeffentlicher Kinderschutz (Privatdozent Dr. H. Neumann in Berlin).

Abteilung 2:
*Schulhygiene (Oberrealschulprofessor Dr. L. Burgerstein u. k. k. österr. Vice- sekretär i. Min. d. Inn. Dr Netolitzki [medic. Kapitel] beide in Wien).
} **Bereits erschienen.**

BAND VIII: Gewerbehygiene.

Allgemeiner Teil: **Bereits erschienen.**

*Allgemeine Gewerbehygiene und Fabrikgesetzgebung (Dr. Roth, Reg.- und Medizinalrat in Köslin).

*Fürsorge für Arbeiterinnen und deren Kinder (Dr. Agnes Bluhm).

*Maschinelle Einrichtungen gegen Unfälle (Prof. Kraft in Brünn).

*Die Lüftung der Werkstätten (Prof. Kraft in Brünn).

Spezieller Teil:

Die Unterhandlungen mit den Herren Mitarbeitern sind noch nicht beendet. Demnächst werden erscheinen:

1) Hygiene der Berg- und Tunnelarbeiter.
  *a) Technische Abschnitte (Bergrat Meissner im preußischen Handelsministerium in Berlin).
  b) Medizinische Abschnitte (San.-Rat Dr. Füller in Neunkirchen).

*2) Hygiene der Hüttenarbeiter (Bergassessor Saeger in Friedrichshütte).

*3) Hygiene der chemischen Großindustrie.
  *a) Anorganische Betriebe, namentlich anorganische Säuren und deren Salze (Privatdozent Dr. Heinzerling in Darmstadt).
  *b) Bearbeitung des Phosphors (Oberstabsarzt Dr. Helbig in Dresden).
  *c) Organische Betriebe (Dr. Fr. Goldschmidt in Nürnberg).

4) Hygiene der Glasarbeiter und Spiegelbeleger (Physikus Dr. Schäfer in Danzig).

5) Hygiene der Textilindustrie (Dr. Netolitzki, Vicesekretär im k. k. österr. Ministerium des Innern).

6) Hygiene der Borstenarbeiter (Dr. Fr. Goldschmidt in Nürnberg).

7) Hygiene der Handarbeiterinnen [Schneiderinnen etc.] (Frl. Dr. med. Agnes Bluhm in Berlin).

8) Hygiene der Tabakarbeiter (Grhrzgl. bad. Fabrikinspektor Schellenberg in Karlsruhe).

9) Hygiene der Bäckereien (Dr. Zadek in Berlin).

Beiträge haben ferner zugesagt: Professor Celli in Rom und Dr. W. Sonne, Direktor der großherzogl. hess. Prüfungs- und Auskunftsstation in Darmstadt.

BAND IX: Aetiologie und Prophylaxe der Infektionskrankheiten.

Bakteriologie und Epidemiologie der Infektionskrankheiten (Prof. Weichselbaum in Wien).

Immunität und Schutzimpfung (Prof. Emmerich in München).

Desinfektion und Prophylaxe der Infektionskrankheiten (der Herausgeber).

BAND X: Ergänzungsband. Generalregister zu allen Bänden.

Alkoholismus (Dr. Leppmann in Berlin).

Hygiene der Prostitution (Prof. Neisser in Breslau).

Die mit einem * bezeichneten Manuskripte liegen entweder bereits gedruckt vor oder sind in den Händen des Herrn Herausgebers. Um ein rasches Erscheinen des Werkes herbeizuführen, wird gleichzeitig an mehreren Bänden gedruckt und die Ausgabe derselben je nach Vollendung des Druckes eines jeden Abschnittes oder einer Abteilung erfolgen. Grössere Abschnitte werden stets eine besondere Lieferung bilden, deshalb werden die Lieferungen in verschiedenem Umfange und zu verschiedenen Preisen erscheinen; der Preis des vollständigen Werkes wird sich nach dem Umfange richten, den Betrag von M. 90 aber keinesfalls übersteigen.

Die bereits erschienenen Abschnitte des Werkes können von jeder Buchhandlung zur Ansicht geliefert werden.

Bestellungen auf das „Handbuch der Hygiene" nimmt eine jede Sortimentsbuchhandlung Deutschlands und des Auslandes entgegen.

[illegible] Buchdruckerei (Hermann [illegible]) in Jena. — [illegible]





